

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра деталей машин і підйомно-транспортних механізмів
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Розробка основ уніфікації кранових коліс

Виконав: студент 6 курсу, групи М-313
спеціальності (напряму підготовки)
133.03 Підйомно-транспортні, дорожні,
будівельні, меліоративні машини і
обладнання

(код і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Кіресв О.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник доц. Лятуринський В.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Тюхінюшев О.С.

(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Деталей машин і підйомно-транспортних механізмів
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістр
 Спеціальність 133 – «Галузеве машинобудування»
 (код і назва)

Освітня програма «Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання»
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Деталей машин і ПТМ

доц. Мартовицький Л.М.

" 17 " 12 2018 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Кірсєву Олексію Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка основ уніфікації кранових коліс
 керівник проекту (роботи) Лятуринський Василь Олександрович, к.т.н., доц.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "___" _____ 2018 року
 № _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15 грудня 2018 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Розробка основ уніфікації кранових коліс
 дозволить більш ґрунтовно обирати розміри кранових коліс. Необхідно провести дослідження контактної взаємодії типових кранових коліс із рейками та знайти шляхи уніфікації типорозмірів коліс.

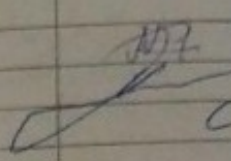
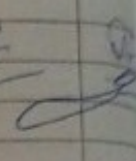
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1) Огляд конструктивних рішень сталевих кранових коліс та аналіз попередніх досліджень; 2) Кінцево-елементні дослідження контактних напружень пар колесо-рейка, підбір діаметрів коліс; 3) Створення рекомендацій до типорозмірного ряду кранових коліс опорних мостових кранів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

- Креслення кранових коліс (1хА1);

- Плакати щодо результатів дослідження (2хА1).

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	
1-3	Митуринський В.О. Олександр Кестерів ОВ кін. доз		

7. Дата видачі завдання 03.10.2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	
1.	Огляд стандартизоване конструктивне рішення	03.09.18- 28.09.18	
2.	Календар - елементи дослідження контактних напруг на коліс - рейка	24.09.18- 14.10.18	
3.	Рекомендації до типорозмірного ряду кранових коліс на рейки опорних металевих кранів	15.10.18- 30.10.18	
4.	Охорона кранів на небезпечні та надзвичайні ситуації	01.11.18- 08.11.18	
5.	Розробка креслень	09.11.18- 15.12.18	

Студент

(підпис)

Кірсев С.
(підпис)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Цатурянський
(підпис)

ЗМІСТ

	Вступ	6
1.	Огляд стандартизованих конструктивних рішень кранових коліс	8
1.1	Огляд вітчизняних типорозмірних рядів кранових коліс	8
1.2	Огляд зарубіжних типорозмірів кранових коліс	12
1.3	Огляд типорозмірних рядів підкранових рейок	17
1.4	Огляд рекомендацій із вибору діаметрів кранових коліс	21
1.5	Висновки із огляду коліс. Постановка проблеми	24
2.	Кінцево-елементні дослідження контактних напружень пар колесо-рейка	26
	Побудова моделей пари колесо-рейка	28
	Визначення контактних напружень коліс великого діаметру	29
	Визначення контактних напружень коліс малого діаметра	35
3.	Рекомендації до типорозмірного ряду кранових коліс та рейок опорних мостових кранів	41
4.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	43
4.1	Аналіз потенційних небезпек	43
4.2	Заходи по забезпеченню безпеки	49
4.3	Забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці	54
4.4	Заходи з пожежної безпеки	54
4.5	Заходи з пожежної безпеки у надзвичайних ситуаціях	57
	Висновки	59
	Перелік посилань	60

ВСТУП

Мостові крани є одними з найбільш поширених типів кранів і призначені для обслуговування технологічних вантажопотоків, виконання вантажно-розвантажувальних транспортних операцій в цехах промислових підприємств, на монтажних контейнерних площадках, у відкритих і закритих складах (рис. В.1).

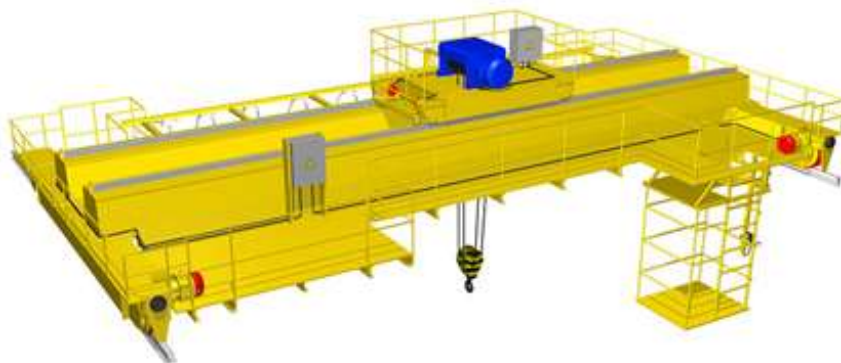


Рисунок В.1- Кран мостовий

Мостові крани переміщаються по рельсовим шляхах, розташованим на значній висоті від підлоги цеху, займають мало корисного простору і забезпечують обслуговування майже всієї його площі. У деяких випадках мостові крани розташовують на естакадах. Основні параметри і розміри мостових кранів обирають по ГОСТ 6711-81 [1].

Найбільше поширення набули мостові крани вантажопідйомністю 5 ... 320 т. Приблизно 2/3 всіх мостових кранів оснащено гаковими підвісками. За вантажопідйомності п'ятитонні крани складають 20%, десятитонні - 17%; найбільш поширеним є середній режим роботи, в якому працюють приблизно 80% кранів.

Залежно від конструкції моста, крани ділять на одно і двобалкові (спеціальні крани можуть бути багатобалковими).

Мостові крани на сьогодні більшість виробників намагається комплектувати із уніфікованих вузлів. Це знижує собівартість кранів та

підвищує швидкість їх виготовлення, простоту монтажу, ремонту та обслуговування.

Колеса кранів мостового типу (рис. В.2) є активно зношуємими деталями. В залежності від режимів роботи, їх термін експлуатації складає від 2-х до 10 років. При найбільш легких режимах роботи, термін служби коліс може досягати 25 років.



Рисунок В.2 - Колесо мостового крана

В залізничному транспорті на сьогодні вже виконана задача уніфікації залізничних коліс та рейкових шляхів. Нажаль, про кранові колеса такого сказати не можна.

На сьогодні в Україні єдиним документом, що нормує конструкцію та технологічні вимоги до кранових коліс є ГОСТ 28648-90 [2], але цей стандарт є доволі малим і нормує лише базові характеристики коліс.

Державні стандарти на підкранові шляхи в Україні відсутні, що не дозволяє будівникам користуватися стандартизованим типорозмірним рядом підкранових рейок в залежності від вантажності крану.

При всьому цьому, в світі прогрес по стандартизації кранових коліс та підкранових колій зробив значний крок порівняно із 1990-м роком, коли було затверджено ГОСТ 28648.

Сумуючи сказане вище, розробка основ уніфікації кранових коліс та підкранових рейок в Україні є вельми актуальною.

1. ОГЛЯД СТАНДАРТИЗОВАНИХ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ КРАНОВИХ КОЛІС

1.1 Огляд вітчизняних типорозмірних рядів кранових коліс

На сьогодні крани в світі здебільшого виробляються міжнародними корпораціями. Такі компанії як Demag, Konecranes-Terex, Liebherr та інші створюють свої внутрішні стандарти по кранам та їх компонентам і далі цим стандартам слідує більш малі виробники.

Стандартизація кранових коліс в різних країнах світу проходить по різному. Більшість країн обирає шлях запозичення вже існуючих стандартів корпорацій, або взагалі залишає це питання не стандартизованим.

В Україні сьогодні діє лише один стандарт на кранові колеса – ГОСТ 28648-90, що був прийнятий за часів Радянського союзу та не переглядався з тих років. Згідно цього стандарту, нормуються основні розміри одно- та дво-ребордних кранових коліс та деякі технічні умови з їх виготовлення. Розглянемо ключові деталі цього стандарту.

Загальний вигляд перетинів кранових коліс за ГОСТ 28648-90 представлено на рис. 1.1.

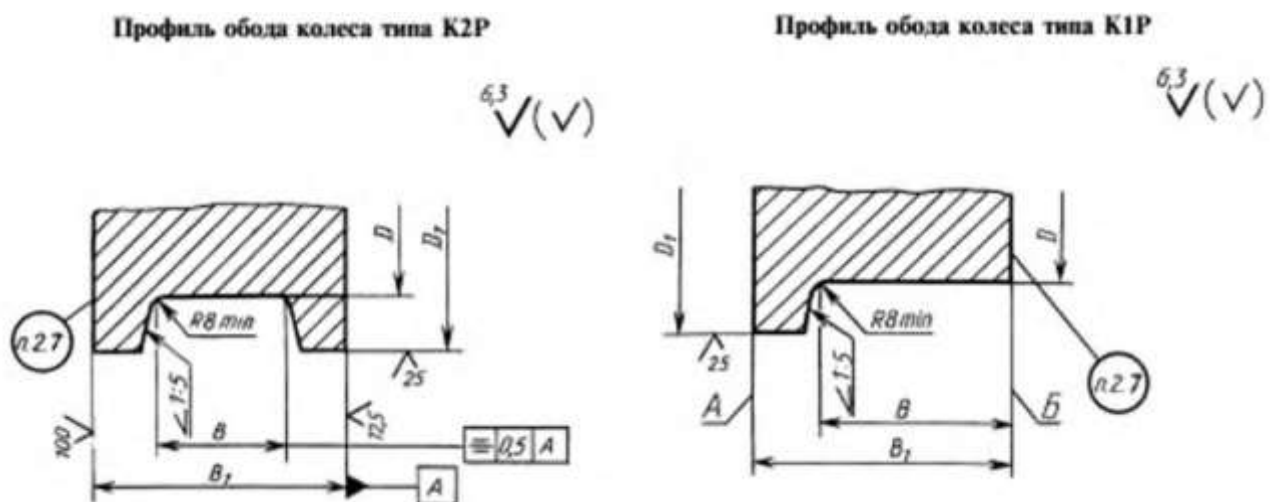


Рисунок 1.1 – Перетини кранових коліс за ГОСТ 28648-90

Стандартом нормуються розміри доріжок кочення та мінімальні розміри ступиці, диску та ободу кранових коліс (табл. 1.1 ... 1.3).

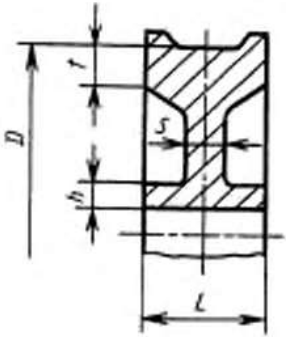
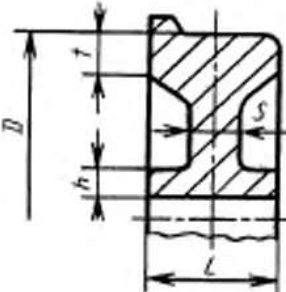
Таблиця 1.1 – Розміри дворебордних кранових коліс за ГОСТ 28648-90, мм

D (пред. откл. по h11)	D_1 (пред. откл. по h16)	B (пред. откл. по H16)	B_1 (пред. откл. по h16)	Масса, кг, не более
200	230	60	90	15
250	290	70	110	30
320	360	70 80	110 120	45 50
400	450	80 90 100	130 140 150	80 80 90
500	550	90 100	150 150	145 145
560	600	90 100	130 150	200 210
630	680	90 100	140 150	220 250
710	770	100 130 150	150 180 200	300 380 410
800	880	110 130 150 170	170 190 210 250	330 360 410 640
900	980	130 150 170	190 210 250	460 530 630
1000	1080	170	250	890

Таблиця 1.2 – Розміри одноребордних кранових коліс за ГОСТ 28648-90, мм

D (пред. откл. по h11)	D_1 (пред. откл. по h16)	B (пред. откл. по H16)	B_1 (пред. откл. по h16)	Масса, кг, не более
200	230	60	75	11
250	290	70	90	20
320	360	80	100	31
400	450	106	130	61
500	550	125	150	113

Таблиця 1.3 – Розміри ступиці, диску та ободу кранових коліс за ГОСТ 28648-90, мм

Тип колеса	D	h	S	t	L
K2P 	200	15	18	12,5	90
	250	15	18	15	110
	320	25	20	22,5	110
	400	27,5	20	22,5	120
	500	30	30	22,5	135
	560	30	30	25	130
	630	32,5	30	30	140
	710	32,5	30	30	150
	800	37,5	35	35	150
	900	45	40	35	170
	1000	60	60	55	230
K1P 	200	12,5	18	12,5	75
	250	12,5	18	15	90
	320	15	18	17,5	100
	400	22,5	20	20	130
	500	25	28	22,5	150

Також стандартом [2] передбачено ряд технічних вимог до кранових коліс, зокрема:

- Колеса механізмів кранів режимів роботи 4М...8М мають виготовлятися із сталі 75 або 65Г за ГОСТ 14959 [4], або зі сталі 2 ГОСТ 10791 [5].
- Колеса механізмів кранів режимів роботи 1М...3М [7] мають виготовлятися із сталі не нижче 45 ГОСТ 1050 [6].
- Твердість доріжок кочення та реборд коліс кранів механізмів пересування режимів 5М...8М має бути в межах 320...390 НВ.
- Твердість доріжок кочення та реборд коліс механізмів пересування режимів 3М...4М має бути не менше 300 НВ.
- Твердість доріжок кочення та реборд коліс механізмів пересування режимів 1М...2М має бути не менше 280 НВ.

- Глибина загартованого шару, в залежності від діаметру колеса має бути не менше значень табл. 1.4. Та має бути забезпечено плавний перехід загартованого шару до основного металу. Тобто передбачається сорбітизація доріжки кочення.

Таблиця 1.4 – Глибина загартованого шару кранових коліс за ГОСТ 28648-90, мм

<i>D</i> (черт. 1 и 2)	200—250	320	400—560	630—710	800—900	1000
Глубина закаленного слоя	10	15	20	25	30	40

Тобто для режимів роботи механізмів М5 і вище діючим стандартом передбачається використання ресоро-пружинної сталі 75 або 65Г, які навіть без термічної обробки мають твердість на рівні 255...285 НВ, а після гартування (830 °С) і відпуску (470 °С) володіють межею текучості не нижче 800 МПа [4] та поверхневою твердістю на рівні 50 HRC.

Варто відмітити, що зазначені вище вимоги по матеріалу та термообробки кранових коліс є достатньо жорсткими. Сьогодні в Україні виробництво кранових коліс, особливо коліс великих діаметрів, із цих марок сталей є достатньо ускладненим.

Цікавим є той факт, що ГОСТ 28648-90 чітко нормує ширину кранових коліс, але не рекомендує жодного ряду ширин голівок рейок, що мають використовуватися для кожного із коліс. За відсутності інших вимог, вітчизняні конструктори користуються рекомендаціями [9], згідно яких ширина доріжки кочення колеса механізму пересування мостового крану повинна на 30 мм перевищувати ширину голівки рейки. А для коліс кранових візків – на 20 мм.

Розглянемо тепер інші стандартні конструкції кранових коліс, що знайшли поширення у світовій практиці кранобудування. Та зробимо порівняльний аналіз.

1.2 Огляд зарубіжних типорозмірів кранових коліс

Як зазначалося вище, більшість країн світу не мають державних стандартів на розміри та технічні вимоги до кранових коліс. В більшості випадків колеса виготовляються по внутрішнім стандартам підприємств кранобудування. Огляд характеристик коліс різних світових виробників дозволив скомпонувати характерні розміри коліс Європейських та Американських виробників.

Законодавцем європейських кранових коліс можна вважати Германію, чий стандарт [10] був взятий до уваги багатьма виробниками кранів. Розміри згідно каталогів німецьких виробників коліс представлено на рис. 1.2 та в табл. 1.5. Варто зазначити, що для всіх діаметрів коліс виробник [11] також вказує і максимально допустиме навантаження на колесо, кг, яке рекомендовано за наступних вихідних даних:

- Тиск на колесо є максимально допустимим в статичній постановці при однаковій швидкості обертання та без врахування режиму роботи.
- Використовується рейка максимально допустимої ширини голівки.
- Передбачається швидкість руху не більше 40 м/хв.

Матеріал коліс для діаметрів до 500 мм – сталь С45 кована (аналог – Сталь 45). Для діаметрів більше 500 мм передбачається сталь GS-70 (найближчий аналог – сталь 55Л) або GS-42CrMo4 (найближчий аналог – сталь 38ХМ). Остання має гарні властивості до загартовуності і забезпечує плавний перехід твердості до основного металу, що робить цю сталь дуже зручною у термообробці саме для кранових коліс великого діаметра. Як ми бачимо, європейські виробники не використовують сталей типу 75 через значну складність у формуванні заготовок та наступної термічної і механічної обробки великих коліс з цієї сталі.

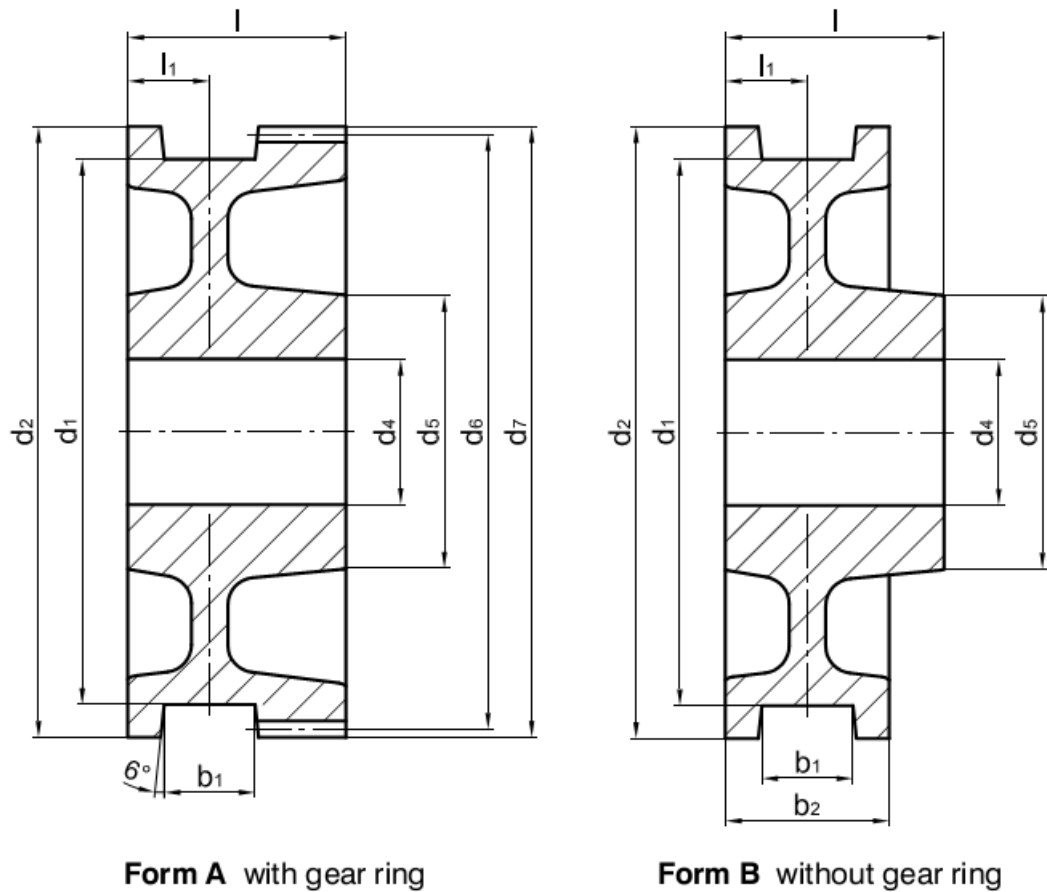


Рисунок 1.2 – Перетини кранових коліс за DIN 15049

Таблиця 1.5 – Розміри кранових коліс за DIN 15049

wheel-Ø d_1	$b_1^{1)}$	b_2	d_2	$d_4^{1)}$ H7	d_5	l	l_1	gear ring ²⁾ (Form A)				unit weight =[kg]		wheel load [kg] ³⁾
								mo- dule	number of teeth	d_6	d_7	Form A	Form B	
160	30-60	80	186	30-65	85	95	40	2,5	72	180	185	10	8,5	3 300
								3	60	180	186			
200	30-60	80	232	30-90	117	95	40	3	75	225	231	17,5	16	4 300
								4	56	224	232			
250	30-60	80	274	40-110	142	120	40	3	88	264	270	30	25	5 600
								4	66	264	272			
300	35-65	90	336	40-120	152	120	45	3	110	330	336	43	37	7 250
								4	82	328	336			
315	40-75	100	348	50-130	167	140	50	4	85	340	348	54	48	9 000
400	40-75	100	432	50-160	197	140	50	4	106	424	432	86	71	11 900
500	50-85	110	540	60-180	230	170	55	6	88	528	540	156	125	17 000
630	55-95	120	680	80-130	180	200	60	8	83	664	680	235	181	22 100

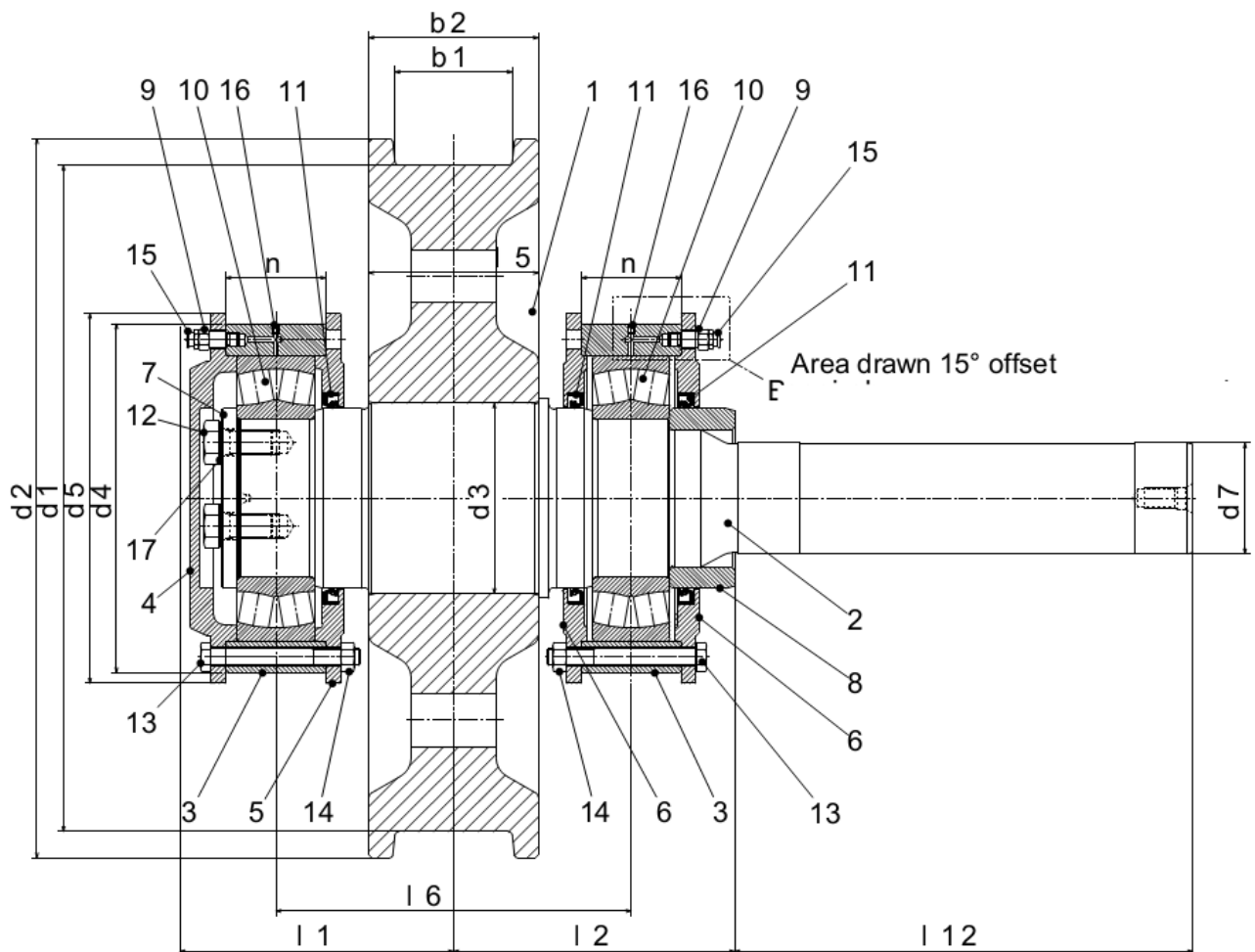


Рисунок 1.3 – Уніфікований крановий колісний вузол SIBRE [12]

Таблиця 1.6 – Розміри кранових колісних блоків SIBRE [12]

d ₁	dimensions and shape for wheels								l ₁	l ₆	n +0,15 +0,05	Roller bearings acc. DIN 635-2	dim's. only for driven wheel assemblies				
	Form ¹⁾	b ₁ ²⁾	b ₂ ⁶⁾	d ₂	d ₃ ³⁾	d ₄	d ₅	l ₅ ⁶⁾					l ₂	d ₇ ⁴⁾	l ₁₂	d ₇ ⁴⁾	l ₁₂
315	S	45-55	90	350	110	210	220	110	171	235	62	222 18	185	-	-	70	105
	B	55-65	110		120	230	240		173			222 20	190	70	105	80	120
400	S	55-65	110	440	120	230	240	140	188	265	62	222 20	205	70	105	80	120
	B	70-90	140		130	250	260		202			280	72	222 22	215	80	120
500	S	55-65	110	540	130	250	260	140	202	280	72	222 22	215	80	120	90	132
	B	70-90	140		140	265	275		210			290	82			222 24	225
630	S	65-75	120	680	160	290	305	150	237	325	94	222 26	250	-	-	100	152
	B	80-110	160		180	330	345		160			245	335	222 30	265	100	
710	S	75-90	140	760	170	310	325	180	249	350	94	222 28	260	100	152	110	152
	B	95-160	210		190	350	365		210			278	395	104		222 32	300
800	S	75-90	140	850	180	330	345	180	255	355	94	222 30	275	110	152	120	172
	B	95-160	210		200	370	385		210			289	405	114	222 34	310	130
900	S	75-90	140	950	190	350	365	190	268	375	104	222 32	290	-	-	130	172
	B	95-160	210		230	420	435		210			315	430	134	222 40	335	140
1000	S	75-90	140	1050	200	370	385	190	279	385	114	222 34	300	-	-	140	202
	B	95-160	210		250	480	500		210			332	450	146	222 44	355	160

Згідно рекомендацій [10], ширина кранових коліс обирається згідно ширини рейки, основні рекомендації згруповано в п. 1.4.

Стандартні концеві балки виробництва DEMAG згідно їх каталогів [11] комплектуються колесами із ряду діаметрів відповідно табл. 1.5.

Корпорація SIBRE – один із світових лідерів із виробництва кранових коліс мають ряд розмірів згідно табл. 1.6, майже аналогічний до табл. 1.5, та пропонують свої уніфіковані колісні блоки із буксами (рис. 1.3)

Відповідно американських каталогів [13], стандартні діаметри коліс вимірюються по дюймовим розмірам і відповідають ряду: 6”, 8”, 9”, 10”, 12”, 15”, 18”, 21”, 25”. Відповідні значення в міліметрах приведено в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Діаметри кранових коліс за Американським стандартом [13]

В дюймах	6	8	9	10	12	15	18	21	25
В мм	152	203	229	254	305	381	457	533	634

В Америці для коліс до 254 мм використовують сталь AISI 1045 (аналог – сталь 45) та AISI 1055 (аналог – сталь 55Г), загартовану до твердості доріжок кочення 400...450 НВ.

Цікавим є той факт що європейські та американські виробники виконують поверхнєве гартування кранових коліс на глибину 4...6 мм, а не сорбітизацію, що передбачається за ГОСТ 28648-90. Згідно каталогу [14], їх метод поверхневого гартування формує високі залишкові напруження стиску на поверхні колеса, що підвищує його діапазон пружних деформацій під навантаженням, та знижує схильність до пластичного деформування.

Для зручності аналізу, розміри зарубіжних кранових коліс та вітчизняні представлено в зведеній таблиці 1.8.

Таблиця 1.7 – Діаметри кранових коліс, мм за різними стандартами

Країна:	Діаметр колеса, мм																			
Україна		200		250		320		400		500	560	630	710	800		900		1000		
Німеччина	160	200		250	300	315		400		500		630	710	800		900		1000	1100	1250
Китай	160	200		250	300		350	400	450	500	560	630	710	800	850	900	950	1000		
США	152	203	229	254	305		381	457		533	634									

Я можна побачити з табл. 1.8, Український типорозмірний ряд кранових коліс дуже близько корелює із Німецьким, але певні відмінності очевидні. В ГОСТ 28648-90 явно не вистачає колеса діаметром 160 мм, а діаметр 320 мм є не типовим і не спостерігається в інших світових стандартах.

Що стосується ширини доріжок кочення та реборд, в різних країнах ці рекомендації також різняться. В першу чергу цей параметр залежить від точності укладання кранових рейок. В Україні широко використовується значення $b_k - b_p = 30$ мм (розміри див. на рис. 1.4) для коліс кранів, та $b_k - b_p = 20$ мм для коліс кранових візків.

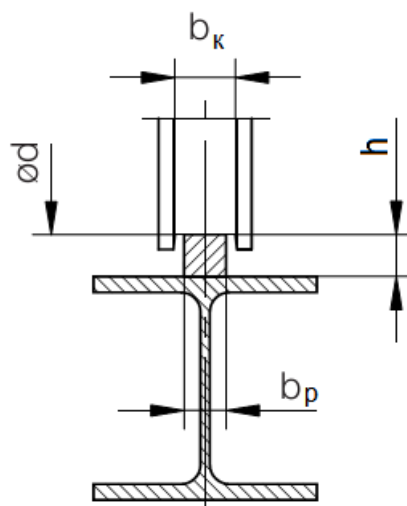


Рисунок 1.4 – Характерні розміри колеса та рейки

Автором було порівняно типові величини цього зазору по різним світовим стандартам (табл. 1.8).

Таблиця 1.8 – Зазор для кранових коліс за різними стандартами

	Сумарний зазор між ребордами колеса та рейкою ($b_k - b_p$), мм		
Для діаметрів колеса:	160...320 мм	400...630 мм	710...1250 мм
DEMAG	15	20	30
KarlGeorg – вузька серія (візки)	10	10...20	15...25
KarlGeorg – широка серія (крани)	10	15...35	40...85
SIBRE – вузька серія (візки)	10	10	10...15
SIBRE – широка серія (крани)	10...20	25...35	30...45
Україна (візки)	15	20	
Україна (крани)	30		

Як можемо побачити, в Україні питання зазору між ребордами і рейкою розроблено менш детально, але в цілому, величини рекомендованих зазорів дворебордних коліс подібні.

1.3 Огляд типорозмірних рядів підкранових рейок

Нажаль сьогодні в Україні відсутні державні стандарт на кранові шляхи. Натомість в 2016 році в Росії було прийнято ГОСТ Р 56944 [3] (вступив в дію з 2017 р.), який гармонізував попередні галузеві стандарти та будівельні норми і правила на підкранові шляхи.

В Україні в якості кранових ройок типово використовують (відповідно підвищення вантажопідйомності): квадрат 40, квадрат 50, Р24, Р43, КР70, Р50, Р65, КР80, КР100, КР120, КР140. Відповідно, типовий ряд ширин голівок рейок це (округлено): 40, 50, 70, 80, 100, 120, 140 мм.

В Германії ширину рейки та колеса гармонізують згідно таблиці 1.9. Для кранів передбачаються рейки за DIN 536-1 [15], номінальний ряд ширин голівок рейок: 45, 55, 65, 75, 100, 120 мм. Для найменших вантажопідйомностей компанії DEMAG та Karl-Georg відповідно до DIN стандартів закладають прокатний квадрат мінімального перетину 35x35 мм або полосу 35x30 мм.

Таблиця 1.9 – Розміри рейок для кранових коліс за DIN 15049 (див. рис. 1.5)

Діаметр колеса - Ø d ₁ h9	d ₂	Кранове колесо із вузькою ребордою						Кранове колесо із широкою ребордою						
		Кранові рейки за DIN 536-1				b ₁ max.	b ₂	Кранові рейки за DIN 536-1					b ₁ max.	b ₂
		A 45	A 55	A 65	A 75			A 55	A 65	A 75	A 100	A 120		
		k						k						
200	230	45	–	–	–	55	90	–	–	–	–	–	–	–
250	280	45	–	–	–	55	90	–	–	–	–	–	–	–
315	350	45	–	–	–	55	90	55	–	–	–	–	65	110
400	440	45	55	–	–	65	110	55	65	75	–	–	90	140
500	540	45	55	–	–	65	110	55	65	75	–	–	90	140
630	680	–	55	65	–	75	120	–	65	75	100	–	110	160
710	760	–	–	65	75	90	140	–	–	75	100	120	160	210
800	850	–	–	65	75	90	140	–	–	75	100	120	160	210
900	950	–	–	65	75	90	140	–	–	75	100	120	160	210
1000	1050	–	–	65	75	90	140	–	–	75	100	120	160	210
1120	1180	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100	120	160	220
1250	1310	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100	120	160	220
r ₁		4	5	6	8	–	–	5	6	8	10	10	–	–

В Росії в 2017 році було прийнято новий стандартизований ряд типорозмірів кранових рейок, в залежності від навантаження на колесо (див. табл. 1.10).

Корпорація CERN, що є Європейською організацією із ядерних досліджень і найбільшою у світі лабораторією фізики високих енергій, має свій стандарт, що відповідає Швейцарському та багатьом іншим європейським [16]. Згідно цього стандарту, для кранів вантажопідйомності до 15 тон та легкого режиму роботи можна використовувати прямокутний перетин прокату,

розмірами 40x30 мм та 50x30 мм. Для більш важких кранів передбачається та сама лінійка DIN рейок, що і в табл. 1.9.

Таблиця 1.10 – Розміри кранових рейок, рекомендовані за ГОСТ Р 56944 [3]

Расчетная нагрузка от ходового колеса крана на рельс, кН	Тип рельса
До 50 включ.	R43 по ГОСТ 7173 или стальной квадрат 50×50 мм по ГОСТ 2591
Св. 50 до 300 включ.	R43 по ГОСТ 7173 или КР70 по ГОСТ 4121
Св. 300 до 400 включ.	P50 по ГОСТ Р 51685 или КР70 по ГОСТ 4121
Св. 400 до 500 включ.	P65 по ГОСТ Р 51685, КР80 или КР100 по ГОСТ 4121
Св. 500 до 800 включ.	P75 по ГОСТ Р 51685, КР100 или КР120 по ГОСТ 4121
Св. 800 до 1000 включ.	КР120 по ГОСТ 4121
Св. 1000	КР140 по ГОСТ 4121

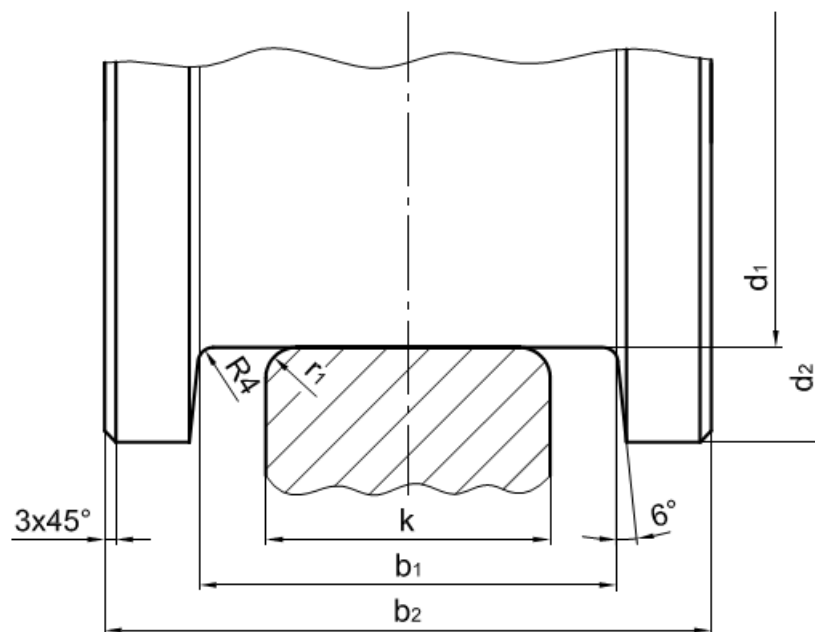


Рисунок 1.5 – Характерні розміри колесо-рейка за DIN 15049

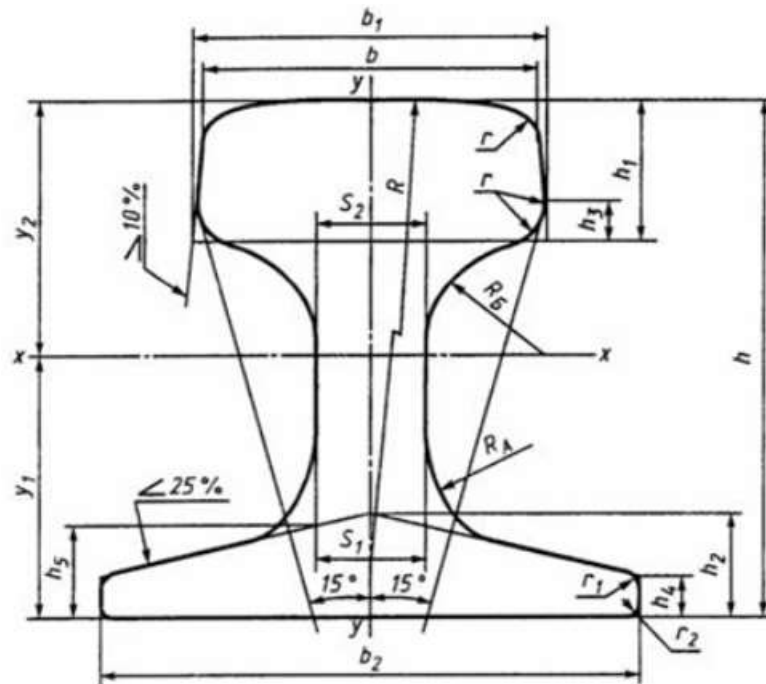


Рисунок 1.6 – Характерні розміри рейок

Для аналізу контактної взаємодії колесо-рейка важливим також є параметр радіусу голівки рейки R (рис. 1.6). Для порівняння ці дані зведені в табл. 1.11.

Таблиця 1.11 – Характерні розміри кранових рейок за різними стандартами

	Ширина голівки рейки, мм (позначення рейки)												
	45 (A45)	51 (P24)	55 (A55)	65 (A65)	69 (P50)	70 (P43)	70 (KP70)	75 (A75)	80 (KP80)	100 (A100)	100 (KP100)	120 (A120)	120 (KP120)
Радіус кривини голівки рейки R , мм	400	200	400	400	500	300	400	500	400	500	450	600	500

Як видно із табл. 1.11 типові вітчизняні рейки, що використовуються в кранах, мають дещо менший радіус кривини голівки.

1.4 Огляд рекомендацій із вибору діаметрів кранових коліс

Питання вибору діаметрів ходових коліс є достатньо дискусивним. В різній літературі пропонуються дещо різні рекомендації та методи розрахунку коліс. Зокрема, [9] пропонують використовувати формулу розрахунку еквівалентних напружень зминання проф. Б.С. Ковальського. В [32] пропонується трохи інша формула та набір коефіцієнтів для розрахунку.

Згідно ОСТ 24.090.44-82, на який зсилається більшість авторів, пропонується попередній вибір кранових коліс за таблицею мінімальних діаметрів при статичному навантаженні (табл. 1.12) із подальшим розрахунком за формулами (1.1) для випуклих голівок рейок, та за (1.2) для плоских рейок.

Таблиця 1.12 – Рекомендації ОСТ 24.090.44-82 щодо попереднього вибору кранових коліс

Максимальне статичне навантаження, кН	Діаметр колеса, мм	Типорозмір рейки
30...50	200; 250	P24, P38
50...100	320; 400	P43, KP70
100...200	400; 500	P43, P50, KP70
200...250	500; 560; 630	P43, P50, KP70, KP80
250...320	630; 710	P43, P50, KP80, KP100
320...500	710; 800	KP80, KP100
500...800	800; 900; 1000	KP100, KP120
800...1000	900; 1000	KP120, KP140

$$\sigma = 7875K \sqrt[3]{\frac{K_D P}{D}}; \quad (1.1)$$

$$\sigma = 505 \sqrt[3]{\frac{K_D P}{BD}}, \quad (1.2)$$

де P – максимальне статичне навантаження на колесо, кН;

D – діаметр колеса, см;

K_D – динамічний коефіцієнт;

K – коефіцієнт що залежить від відношення радіусу r голівки рейки до діаметра D колеса та визначається за рис. 1.7.

B – розрахункова ширина плоскої рейки.

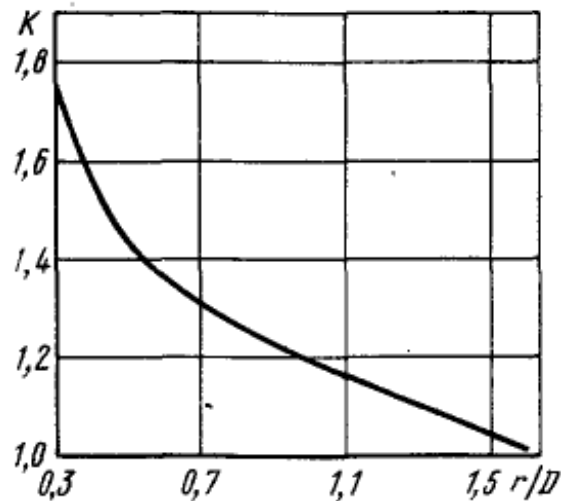
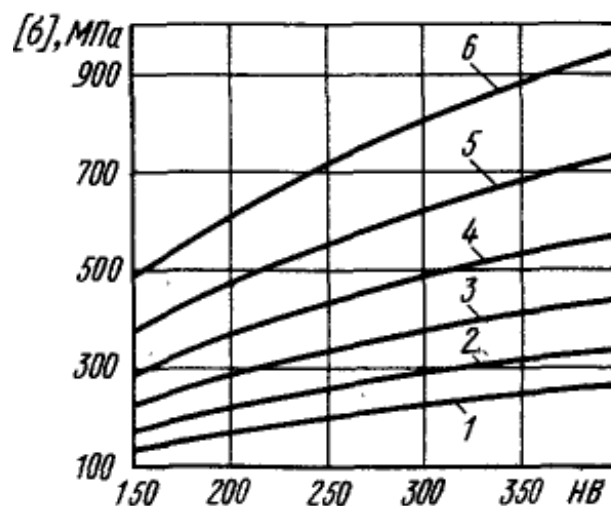


Рисунок 1.7 – Залежність коефіцієнту K від r / D

Допустимі напруження $[\sigma]$ обираються в залежності від твердості доріжки кочення та приведенного числа обертів колеса (рис. 1.8), число обертів колеса розраховується відповідно до режиму роботи крана.



1 – $N=10^9$; 2 – $N=10^8$; 3 – $N=10^7$; 4 – $N=10^6$; 5 – $N=10^5$; 6 – $N=10^4$;

Рисунок 1.8 – Залежність допускних напружень колеса $[\sigma]$ від твердості доріжки кочення HB, для числа обертів колеса N

В роботі [33] запропоновано таблицю вибору кранових коліс в залежності від швидкості, навантаження та режиму роботи крана (табл. 1.13).

Таблиця 1.13 – Рекомендації щодо вибору кранових коліс [33]

Скорість передвиження, м/мин	Нагрузка на колесо при режимах работы, кН											
	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т
	160/P8*			200/P11			250/P15			320/P24		
20	26,8	15,4	10,8	42,5	23,2	16,3		58,3	50,0	123	102	65,0
40	22,9	12,6	8,7	34,6	19,0	13,2		58,3	41,5	123	84,5	59,0
63	19,8	11,0	7,8	29,8	16,5	11,5		52,0	36,2	123	74,5	51,5
80	19,6	10,2	7,1	28,0	15,4	10,7	70,0	48,5	33,8	123	68,5	47,5
100	17,3	9,6	6,8	26,3	14,4	10,0		46,6	31,6	115	64,0	44,5
120	16,2	9,0	6,2	24,4	13,4	9,4		42,2	29,6	108	60,0	42,0
160	15,1	8,8	5,8	22,9	12,5	6,8		39,5	27,5	101	55,8	33,0
	400/P38			500/KP70			560/KP70			630/KP70		
20	218	188	128		296	229		356	302		409	350
40	218	159	110		267	188		353	245		409	296
63	218	138	96		235	164		308	216		366	258
80	218	128	90	320	220	153	400	288	200	490	345	240
100	218	120	84		206	144		268	188		322	223
120	200	120	78		192	134		256	175		300	209
160	190	104	74		178	124		234	163		280	195

* Диаметр колеса в мм / тип рельса.

Варто відмітити, що порівнюючи таблиці 1.12 та 1.13, очевидно що допустимі навантаження легкого режиму роботи за табл. 1.13 є значно вищими ніж максимальні статичні навантаження за ОСТ 24.090.44-82 (табл. 1.12).

Німецьки виробники кранових коліс [34] пропонують іншу методику розрахунку діаметрів, яка базується на ряді коефіцієнтів: матеріалу колеса, швидкості та режиму роботи.

Для розрахунку пропонуються попередні «характеристичні» значення зусилля на колесо R_0 (табл. 1.14), що відповідають сталі колеса та рейки із межею міцності = 590 МПа, режиму роботи 25...40% і швидкості обертання колеса = 32 об/хв.

Таблиця 1.14 – Характеристичні сили для кранових коліс [34]

Діаметр колеса, мм	Характеристична сила R_0 , Н (вузькі колеса)				Характеристична сила R_0 , Н (широкі колеса)				
	Номер рейки				Номер рейки				
	A 45	A 55	A 65	A 75	A 55	A 65	A 75	A 100	A 120
200	41 000	50 000	–	–	–	–	–	–	–
250	52 000	63 000	–	–	–	–	–	–	–
315	65 000	79 000	–	–	79 000	93 000	–	–	–
400	83 000	101 000	–	–	101 000	119 000	132 000	–	–
500	104 000	126 000	–	–	126 000	148 000	165 000	–	–
630	–	159 000	187 000	–	–	187 000	208 000	282 000	–
710	–	178 000	211 000	235 000	–	–	235 000	318 000	398 000
800	–	201 000	237 000	264 000	–	–	264 000	358 000	448 000
900	–	–	267 000	297 000	–	–	297 000	403 000	504 000
1 000	–	–	297 000	330 000	–	–	330 000	448 000	560 000
1 120	–	–	–	–	–	–	–	502 000	627 000
1 250	–	–	–	–	–	–	–	560 000	700 000

Порівнюючи результати табл. 1.13 та 1.14, варто відмітити наявну закономірність, що в порівнянні із вітчизняними колесами, німецькі мають дещо менші запаси для малих діаметрів і значно більші для великих.

Актуальним буде кінцево-елементний аналіз контактних пар колесо-рейка згідно величин допустимого навантаження табл. 1.13, 1.14.

1.5 Висновки із огляду коліс. Постановка проблеми

Із виконаного огляду типорозмірів, матеріалів та навантажувальної здатності кранових коліс провідних світових виробників та ГОСТ-ів, наявна проблема відсутності уніфікації. Зокрема, головними проблемами можна виділити наступні:

- Розбіжності в стандартних типорозмірах кранових коліс різних країн та виробників.
- Розбіжності в нормуємій навантажувальній здатності коліс однакових діаметрів, що вказується різними виробниками, та у відповідних методиках її розрахунку.

- Розбіжності в матеріалах та методах термообробки, що пропонуються різними стандартами та виробниками.
- Розбіжності в типорозмірах та геометрії кранових рейок, що також впливає на навантажувальну здатність коліс.

Світ сьогодні розвивається шляхом уніфікації, стандартизації та модульності деталей та вузлів. Законодавцями у виробництві цих деталей і вузлів все більше стають транснаціональні корпорації. На долю таких корпорацій у кранобудуванні припадає все більший відсоток виробництва кранових коліс. В зазначених умовах створення міжнародного стандарту, який би нормував діаметри, ширини, матеріали та навантажувальну здатність кранових коліс є дуже актуальним.

Таким чином, дослідження навантажувальної здатності стандартизованих кранових коліс та формування рекомендацій що до їх уніфікації є затребуваним та своєчасним.

2. КІНЦЕВО-ЕЛЕМЕНТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНИХ НАПРУЖЕНЬ ПАР КОЛЕСО-РЕЙКА

Механічні властивості різних матеріалів, що використовуються для рейок та кранових коліс (згідно огляду розд. 1): для коліс – після гартування та відпуску, для рейок – після прокатки та термообробки, було автором зібрано та зведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Механічні властивості матеріалів контактної пари колесо-рейка (після типової термообробки для кранових коліс)

		Межа текучості, МПа	Межа міцності, МПа	Твердість
Кранові колеса	Сталь 45	400...520	600...800	280 НВ
	Сталь 75	885	1080	320...390 НВ
	Сталь 65Г	785	980	320...390 НВ
	Сталь 2 ГОСТ 10791	-	910...1110	320...390 НВ
	42CrMo4	730	860...1060	390...550 (поверхн. ТО)
	GS-70	550	800	280 НВ
Кранові рейки	Полоса 40x30, 50x30	250	400	130 НВ
	Квадрат 40x40, 50x50	205...245	370...490	131 НВ
	Рейки КР за ГОСТ 4121-96	370	730	212 НВ
	Рейки за ГОСТ Р 51685-2013 (найм'якша категорія)	500	900	262...321 НВ
	Рейки за ГОСТ Р 51685-2013 (найтвердіша категорія)	870	1280	370...409 НВ
	Рейки за ДСТУ 4344-2004 (категорія II)	1137	740	311...388 НВ
	Рейки за ДСТУ 4344-2004 (категорія вища)	1290	850	374...401 НВ

Як можна побачити, діапазон міцностей та твердостей використовуваних сьогодні сталей для коліс та рейок є дуже великим. Тобто, запаси контактної міцності мають оцінюватися в залежності від марки матеріалів колеса і рейки, а

не тільки від діаметру коліс та ширини рейок як це робиться зараз. Тим не менш, для всіх зазначених марок сталі модуль пружності є майже однаковим.

Об'єктивні результати рішення контактних задач поверхонь довільної геометрії сьогодні отримується з використанням методу кінцевих елементів (МКЕ) [19, 20, 21].

Передбачаємо що кранові колеса виготовляються зі сталі 75, а рейки із сталі 63 [22], тому пружна поведінка матеріалу колеса і рейки є однаковою і описується характеристикам:

Модуль пружності: $E = 2,05 \times 10^5$ МПа;

Коефіцієнт Пуасона: $\nu = 0,29$;

Модуль зсуву: $G = 8 \times 10^4$ МПа.

Ідентичність зазначених механічних властивостей не дозволяє розглядати один з елементів як абсолютно жорсткий. Тому вирішувалася задача контакту поверхонь двох пружних тіл без їх взаємного проникнення.

Відтворення пластичної поведінки поверхневого шару рейки є ускладненим через високий градієнт межі текучості та кривої деформаційного зміцнення термообробленого шару доріжки кочення за глибиною. Тому задача вирішувалася як лінійна-пружна, що є об'єктивним доки розраховані напруження металу контактної пари не досягають межі текучості.

Кінцево-елементний аналіз проводився в нелінійній постановці із поступовим нарощуванням прикладеного навантаження та перебудовою моделі контакту та відповідних матриць жорсткості на кожному кроці додатного навантаження. Лише зазначений підхід дозволяє отримувати об'єктивні рішення контактних задач із значним рівнем еквівалентних деформацій кінцевих елементів та відповідною змінністю площі плями контакту навантаженої / не навантаженої контактної пари [19 – 21].

Для підвищення швидкості розрахунків було обрано Direct Sparse (прямий, а не ітеративний) тип вирішувача систем рівнянь, що використовує

точні методи розрахунку та є доцільним при вирішенні контактних задач зі змінною площею плями контакту [23].

Для оптимізації величини кроків розрахунку використовувався метод керування Силою та повний ітеративний метод Ньютона-Рапсона.

Для проведення всіх розрахункових досліджень в наявній роботі використовувалася **ліцензована** версія CAD/CAE системи SolidWorks 2013 та її повнофункціональний додатний модуль кінцево-елементних розрахунків – **Simulation**.

2.1 Побудова моделей пари колесо-рейка

Для проведення досліджень контактної взаємодії були побудовані тривимірні кінцево-елементні моделі (рис. 2.1) фрагментів рейок та циліндричних кранових коліс (за табл. 1.11 та 1.7). За принципом Сен-Венана, напруження в зоні контакту залежать від геометрії поверхонь контакту та не залежать від геометричних особливостей колеса або рейки. Достатніми для розгляду високо-градієнтних контактних напружень є невеликі фрагменти контактної пари. Таким чином можна забезпечити більшу деталізацію контактної зони та підвищити точність розрахунків

Були розглянуті варіанти контакту колесо-рейка для декількох характерних типорозмірів на прямій ділянці рейки (рис. 2.1).

Через симетричність задач, для зменшення часу розрахунку розглядалася $\frac{1}{4}$ контактної пари. Для відтворення умов симетричності задачі додавалися відповідні граничні умови закріплення (рис. 2.2).

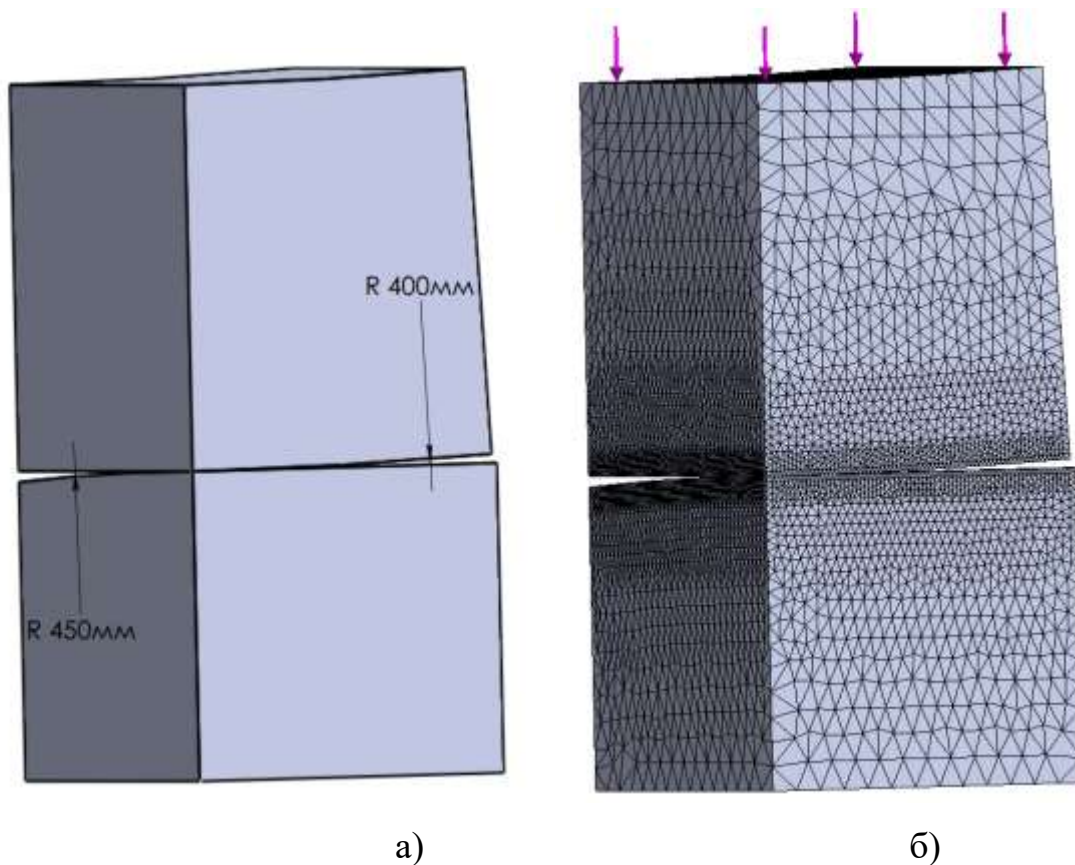


Рисунок 2.1 – Твердотільна (а) та кіцево-елементна (б) модель контактної пари колесо-рейка на прямому відрізку

2.2 Визначення контактних напружень коліс великого діаметру

Рішення задач контакту колесо-рейка за методикою п. 2.1 дозволило отримати епюри контактної взаємодії цих елементів для прямолінійної ділянки рейки для різних контактних пар (рис. 2.3... 2.6).

Варто приділити особливу увагу питанню розміру п'ятна контакту між рейками КР та циліндричними колесами. Встановлено, що колесо D800 на рейці КР100 і колесо D500 на рейці КР70 навіть за дії максимального статичного навантаження (за табл. 1.13) мають ширину п'ятна контакту менше 40% від ширини голівки рейки (рис. 2.7). Такий стан контактної взаємодії і провокує уникнення дуже високих контактних напружень (рис. 2.3, 2.5).

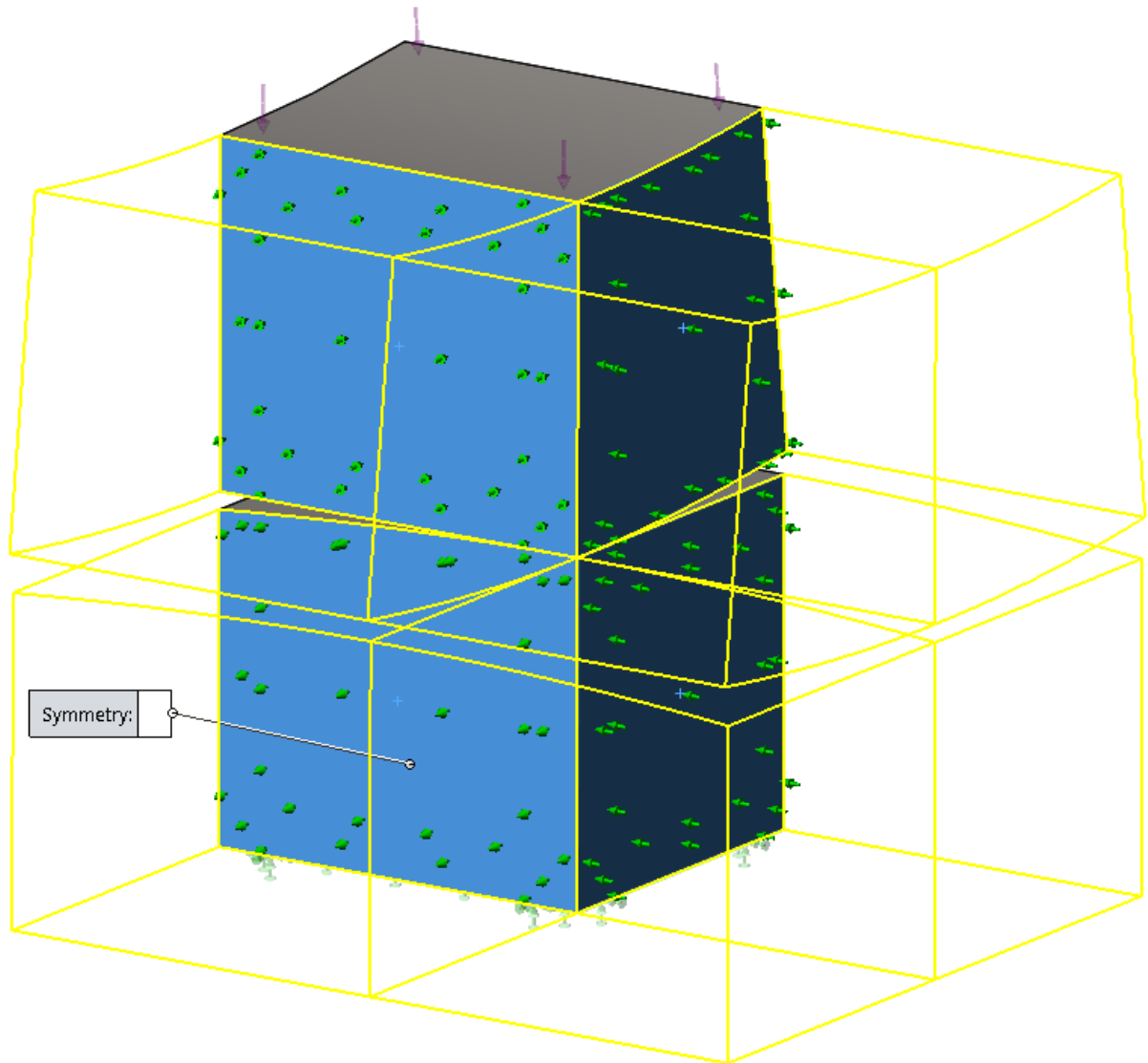


Рисунок 2.2 – Граничні умови кінцево-елементної моделі для рішення локальної задачі контакту колесо-рейка

Кранові рейки за DIN 536-1 мають більші радіуси кривини голівок. Було розраховано контактну взаємодію колеса D500 із рейкою A75 DIN 536-1. Результати представлено на рис. 2.8, 2.9.

Як можна побачити, використання рейки A75 із більшою кривиною голівки між КР70, дозволяє майже на 100 МПа знизити максимальні контактні напруження в колесі та рейці. Тим не менш, для колеса D500 ширина п'ятна контакту все ще не достатньо велика.

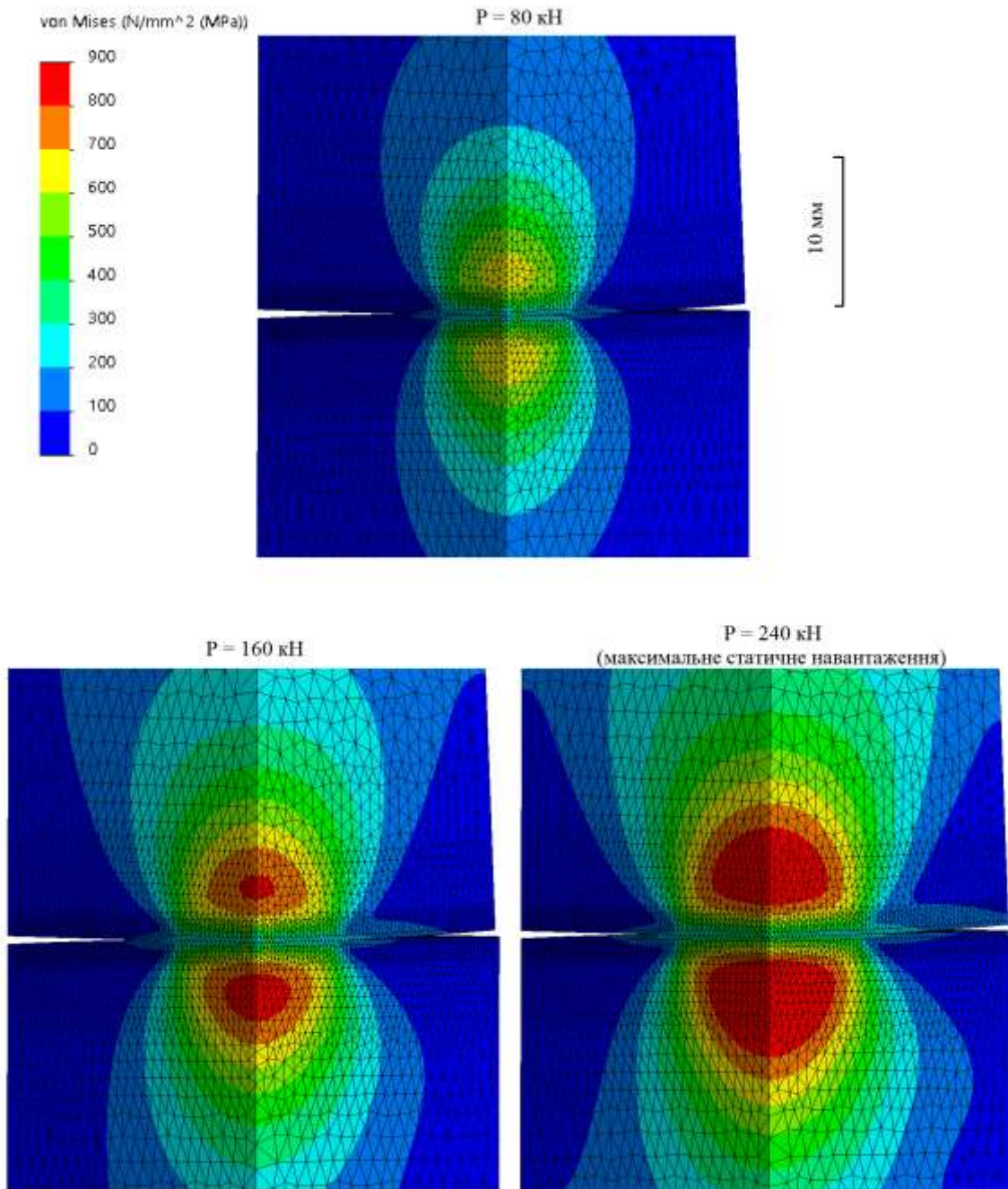


Рисунок 2.3 – Епюри контактних напружень пари колесо рейка при різному рівні статичного навантаження ($D = 800 \text{ мм}$, КР100)

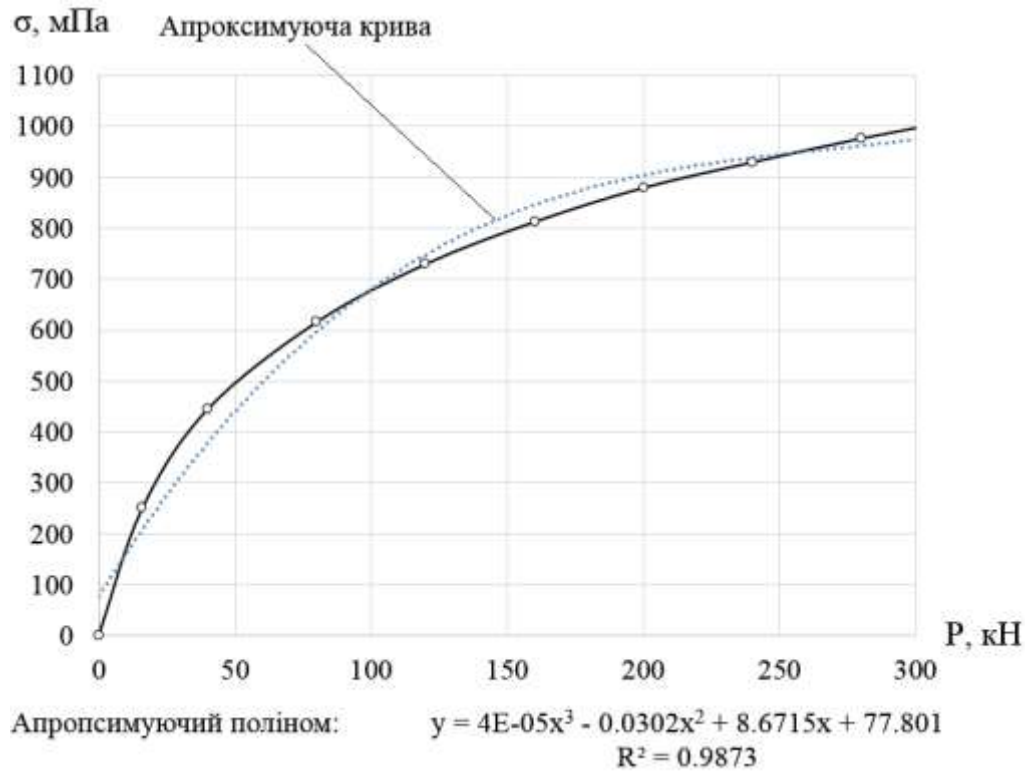


Рисунок 2.4 – Графік залежності максимальних контактних напружень в колесі D800 на рейці KP100 від діючого навантаження

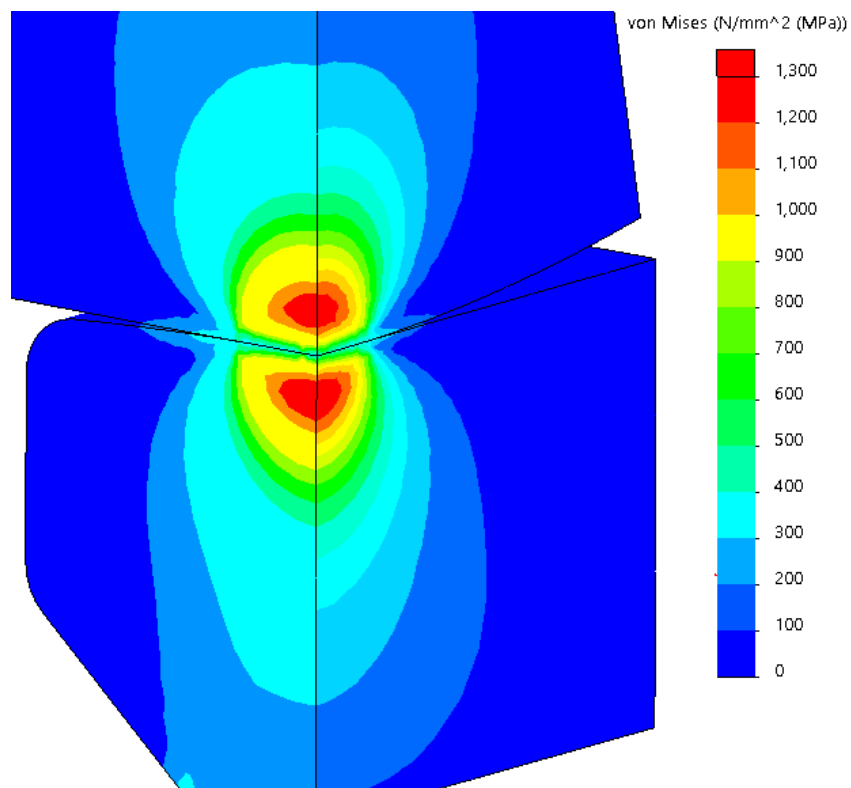


Рисунок 2.5 – Епюри контактних напружень пари колесо рейка при рівні статичного навантаження 320 кН (колесо D = 500 мм, рейка KP70)

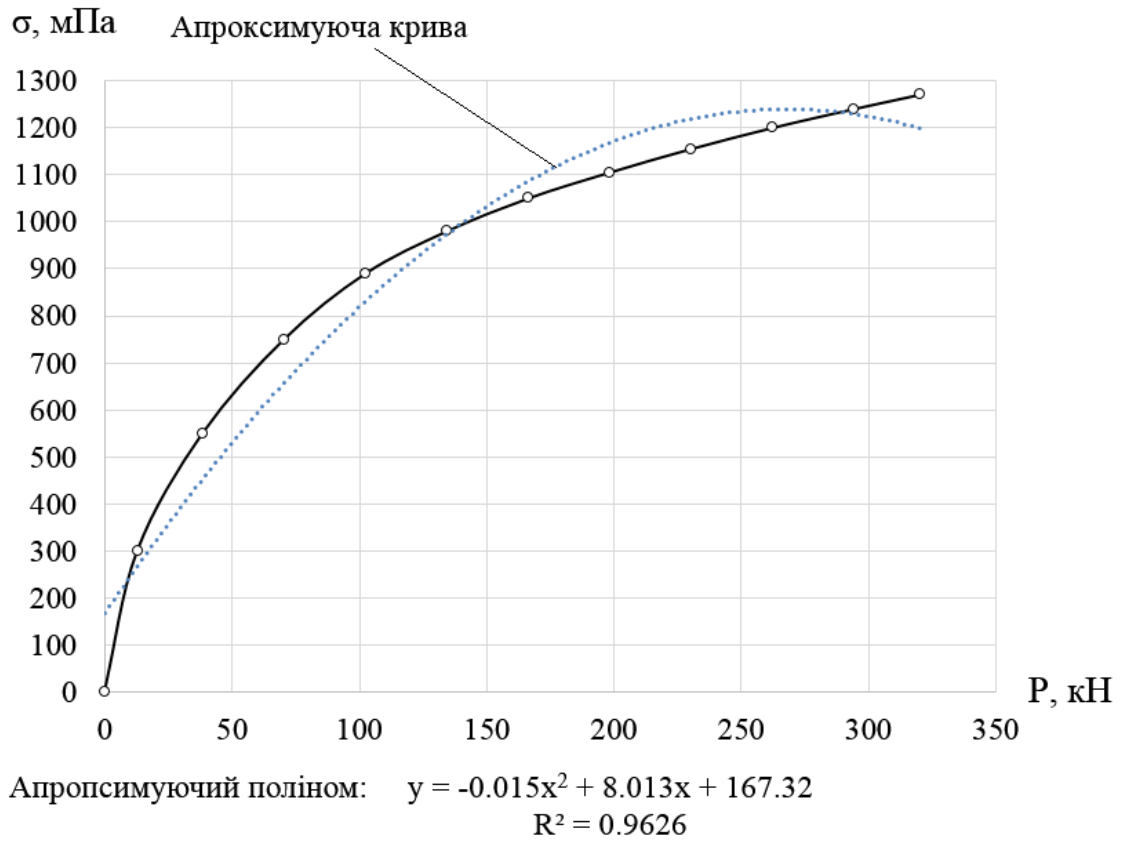


Рисунок 2.6 – Графік залежності максимальних контактних напружень в колесі D500 на рейці КР70 від діючого навантаження

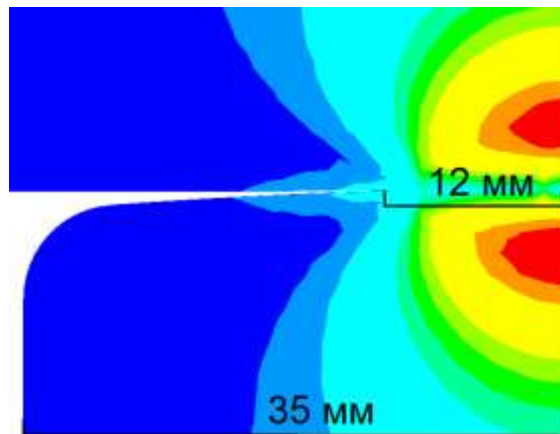
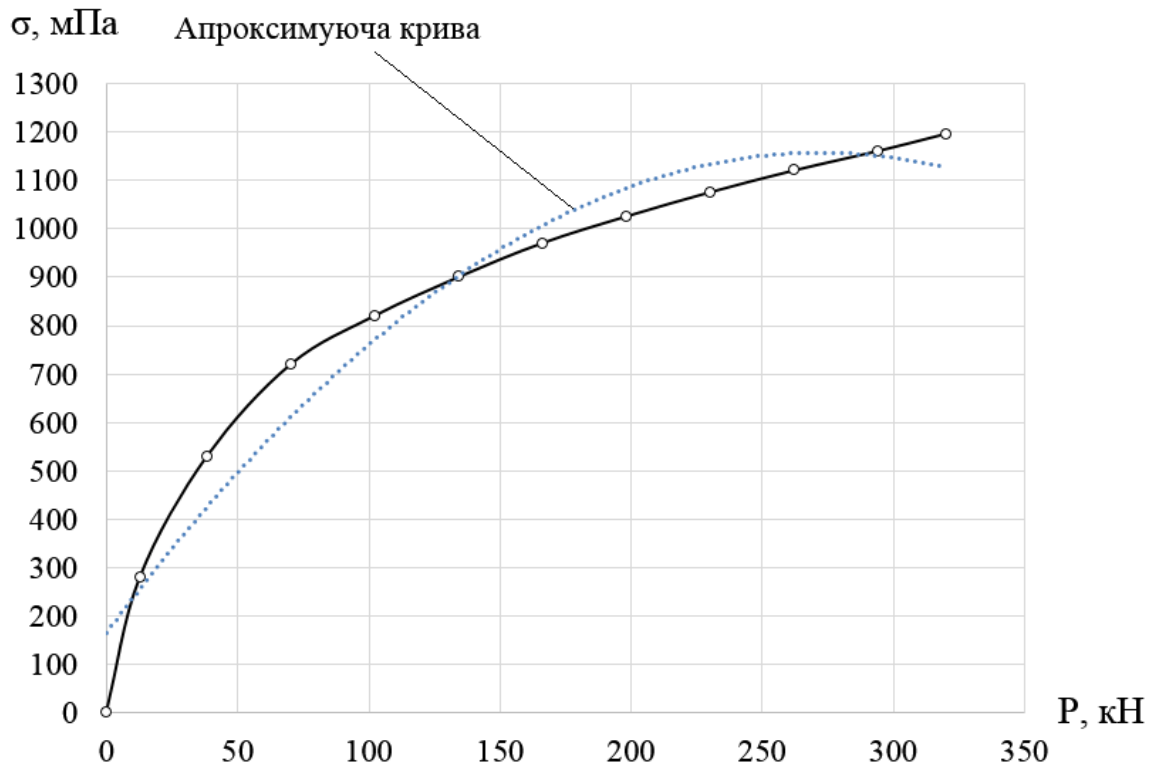


Рисунок 2.7 – Ширина п'ятна контакту між колесом D500 та рейкою КР70 при навантаженні 320 кН



Апроксимуючий поліном:

$$y = -0.0134x^2 + 7.2923x + 165.59$$

$$R^2 = 0.9563$$

Рисунок 2.8 – Графік залежності максимальних контактних напружень в колесі D500 на рейці A75 від діючого навантаження

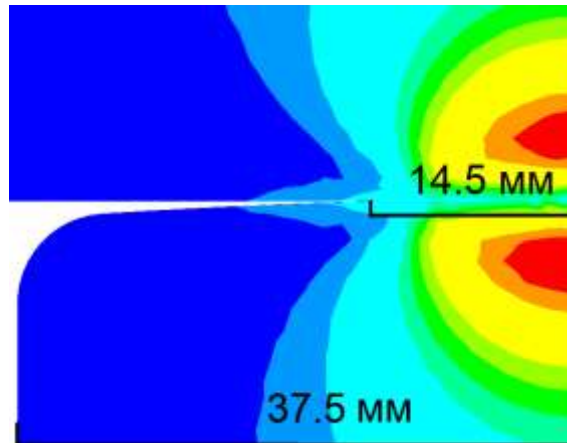


Рисунок 2.9 – Ширина п'ятна контакту між колесом D500 та рейкою A75 при навантаженні 320 кН

2.3 Визначення контактних напружень коліс малого діаметра

Розглянемо тепер колеса менших діаметрів: 160, 200, 250 мм. Для них рекомендовано рейки Р24, Р38 (табл. 1.12) та А55. Але більшість виробників дозволяють використовувати квадрат шириною 35...50 мм. Розглянемо найбільш типові пари:

- Квадрат шириною 40 мм із колесом $\phi 160$ мм;
- Квадрат шириною 50 мм із колесом $\phi 250$ мм;
- Рейка Р24 (R200) із колесом $\phi 250$ мм;
- Рейка А55 (R400) із колесом $\phi 250$ мм.

Згідно результатів дослідження (див. рис. 2.10 ... 2.15), очевидно що кранові рейки за DIN 15049 через більший радіус кривини голівки забезпечують більшу пляму контакту і за рахунок цього максимальні контактні напруження в колесі / рейці при однаковому навантаженні менші на 20...30%.

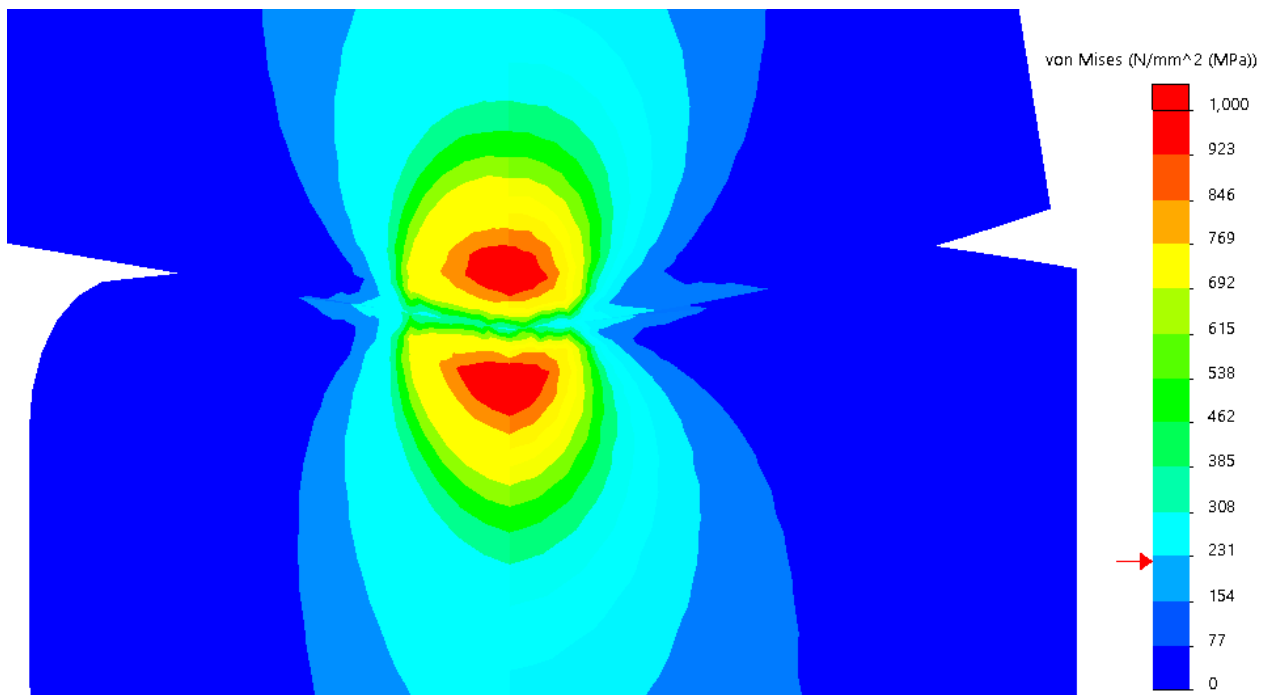


Рисунок 2.10 – Елпюри контактних напружень пари колесо рейка при рівні статичного навантаження 70 кН (колесо $D = 250$ мм, рейка А55)

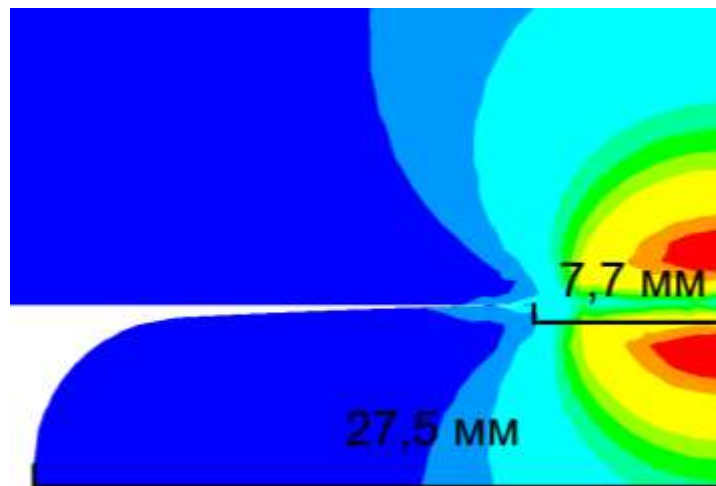


Рисунок 2.11 – Ширина п'ятна контакту між колесом D250 та рейкою A55 при навантаженні 70 кН

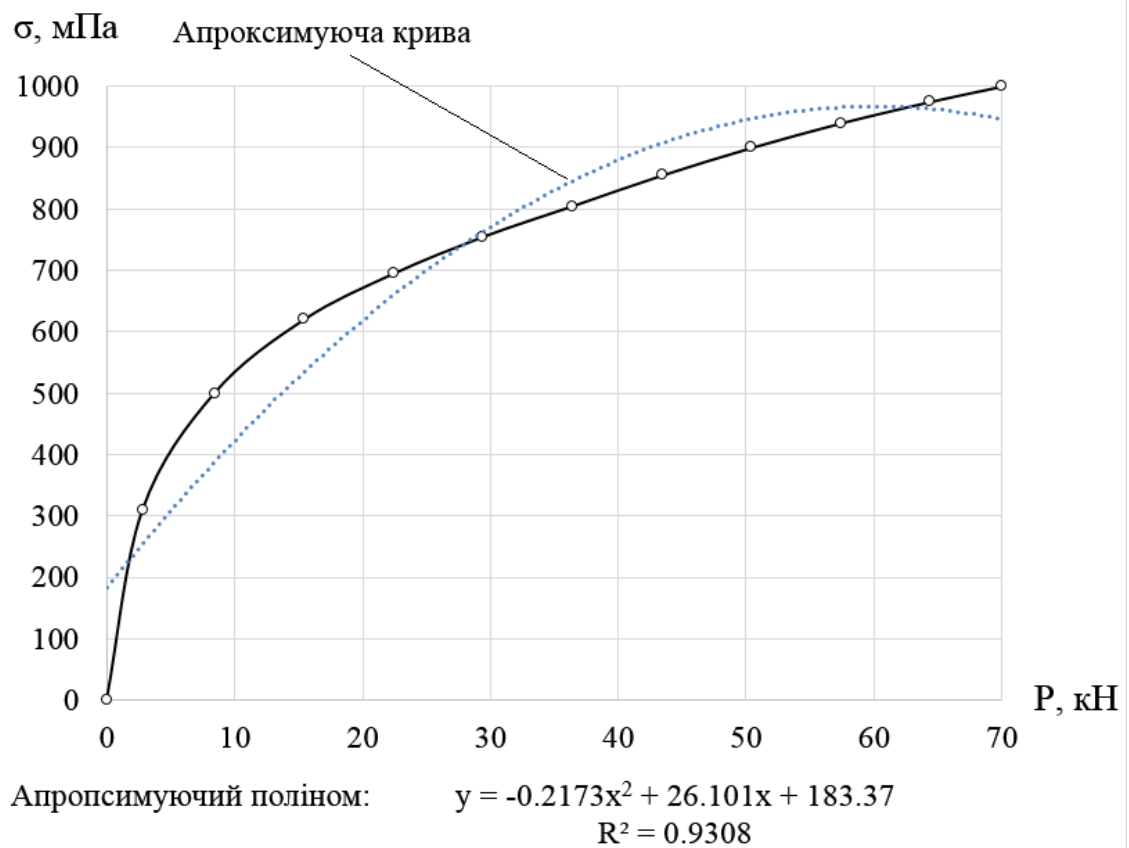


Рисунок 2.12 – Графік залежності максимальних контактних напружень в колесі D250 на рейці A55 від діючого навантаження

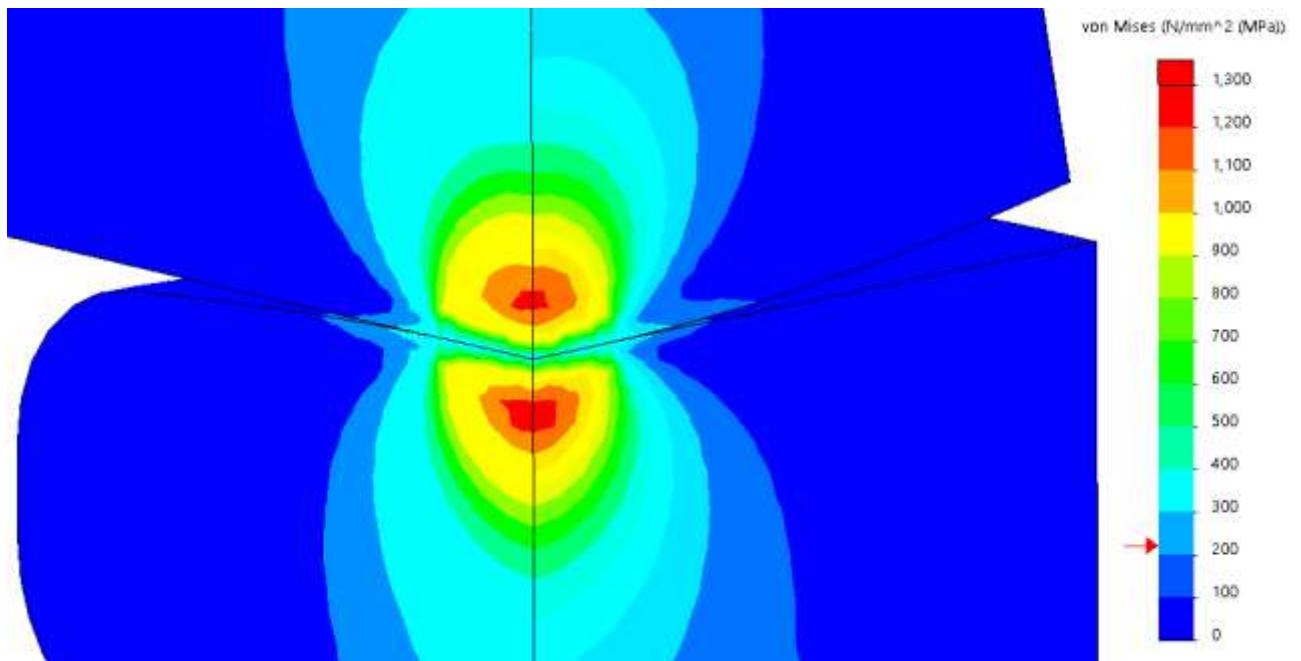


Рисунок 2.13 – Епюри контактних напружень пари колесо рейка при рівні статичного навантаження 70 кН (колесо $D = 250$ мм, рейка Р24)

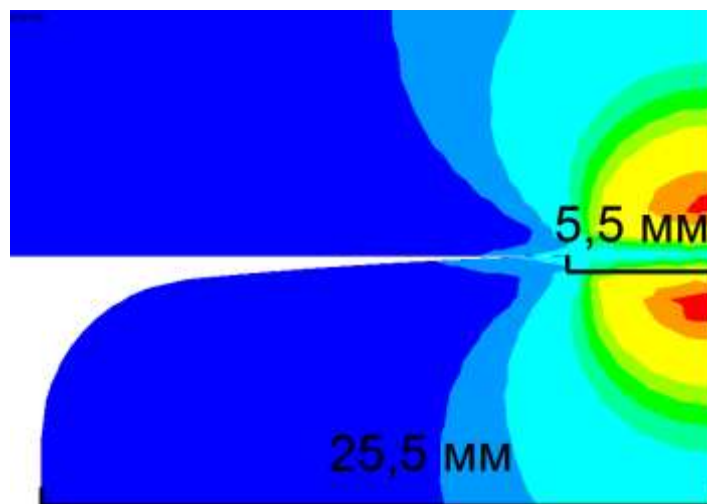


Рисунок 2.14 – Ширина п'ятна контакту між колесом D250 та рейкою Р24 при навантаженні 70 кН

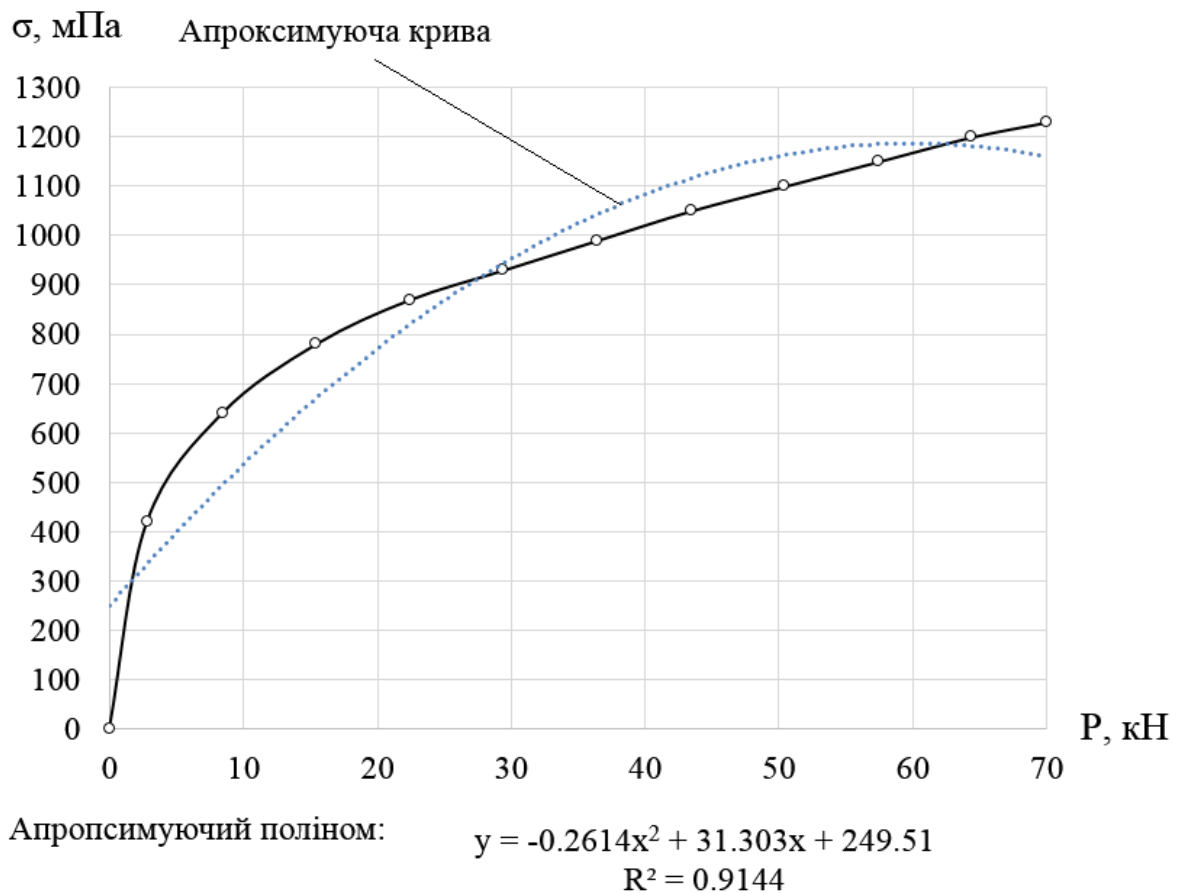


Рисунок 2.15 – Графік залежності максимальних контактних напружень в колесі D250 на рейці P24 від діючого навантаження

Контактна взаємодія циліндричних коліс із плоскими рейками, в якості яких використовується квадратний або прямокутний прокат шириною 35...50 мм, за рахунок збільшення контактної площі формує менші максимальні контактні напруження. Зокрема, за дії максимальної сили 70 кН, напруження в парі циліндричне колесо / квадрат 50 не перевищують 600 МПа в зоні концентрації, а на прямій ділянці сягають 420 МПа (рис. 2.16).

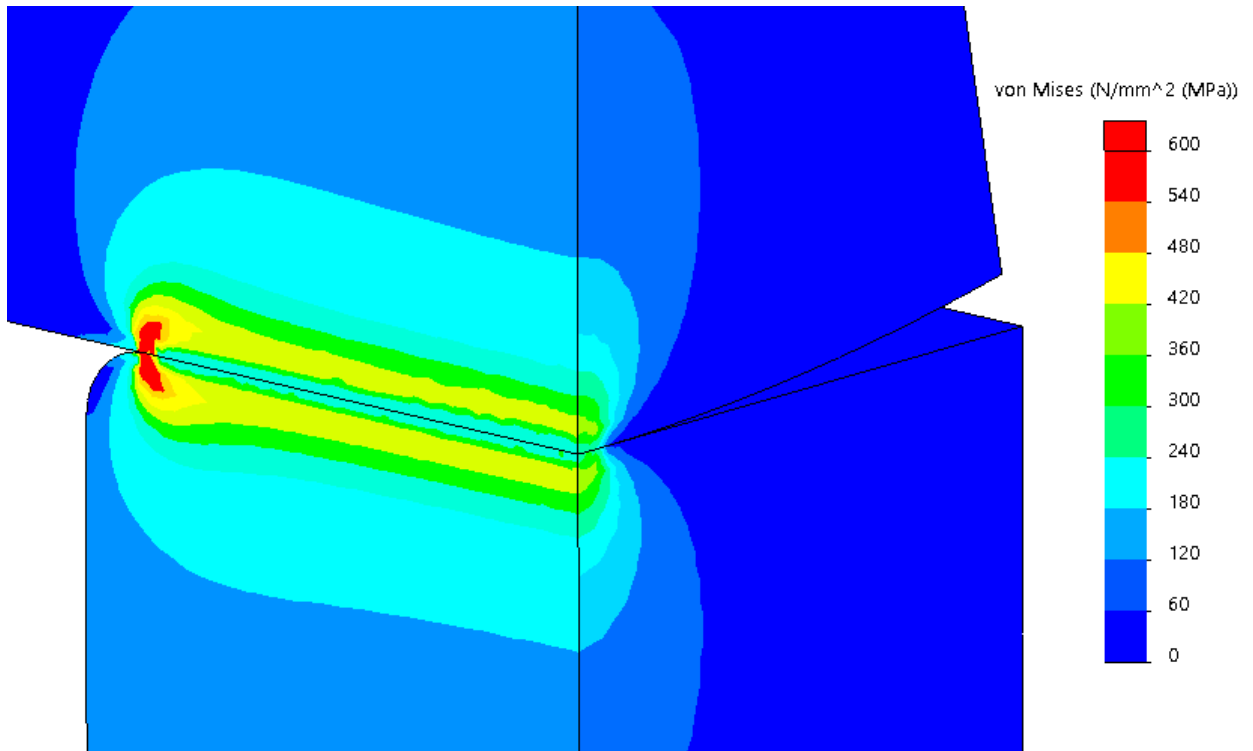


Рисунок 2.16 – Епюри контактних напружень пари колесо рейка при рівні статичного навантаження 70 кН (колесо $D = 250$ мм, рейка – квадрат 50 мм)

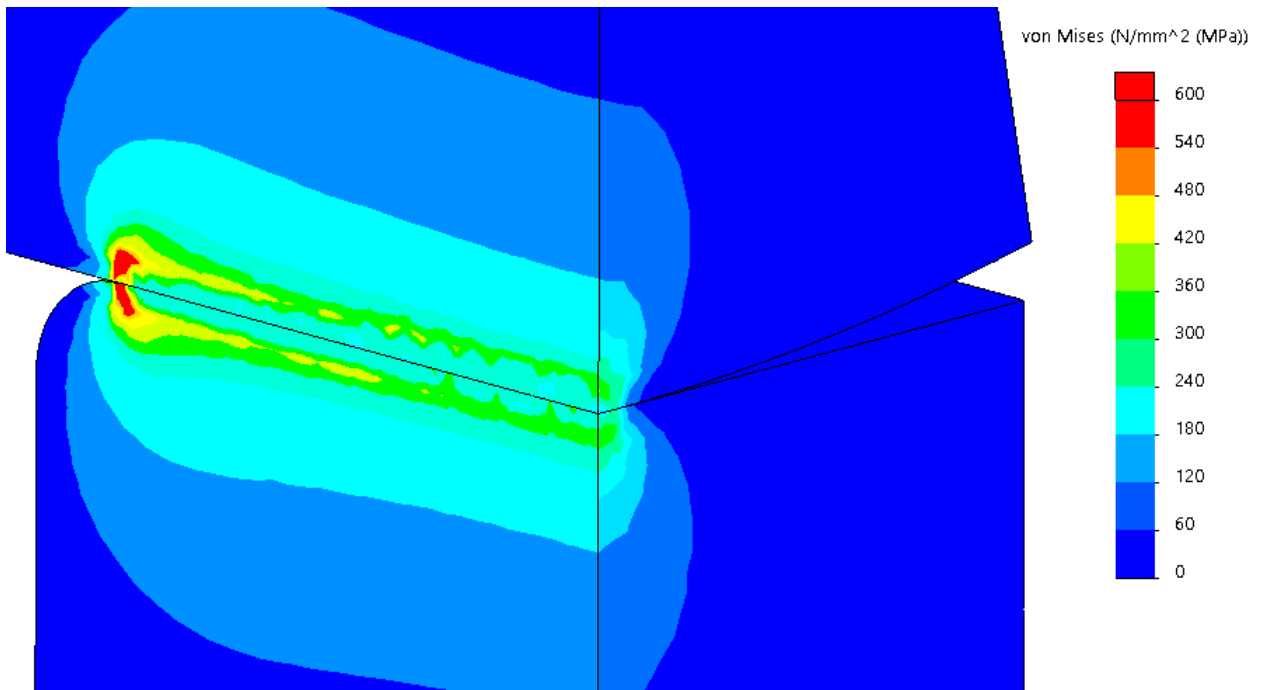


Рисунок 2.17 – Епюри контактних напружень пари колесо рейка при рівні статичного навантаження 27 кН (колесо $D = 160$ мм, рейка – квадрат 40 мм)

Контактна взаємодія циліндричного колеса діаметром 160 мм із пласкою рейкою шириною 40 мм за дії статичної сили 27 кН, спричиняє до 600 МПа в зоні концентрації. На прямій ділянці напруження не перевищують 380 МПа (рис. 2.17). Таким чином, квадрат 40 в парі із колесом D160 можна вважати цілком вдалим конструктивним рішенням.

Показано, що незалежно від форми рейки, контактні напруження в обох тілах (колесо / рейка) майже однакові за величиною.

Було доведено, що максимальні напруження в крановому колесі виникають не на поверхні контакту а на певній глибині: ~ 5 мм для колеса з $D = 800$ мм; ~ 2 мм для колеса з $D = 250$ мм; $\sim 0,6$ мм для колеса з $D = 160$ мм. Затухають ці напруження достатньо повільно.

Варто відзначити що такий розподіл напружень доводить доцільність вимог ГОСТ 28648-90 що до необхідності гартування (сорбітизації) доріжки кочення на нормовану глибину (30 мм для колеса із $D = 800$ мм [5]). Недостатня глибина термічної обробки спричинить пластичне деформування зони максимальних напружень в результаті чого відбудеться "просідання" доріжки кочення та можливе виникнення тріщини в зміцненому крихкому шарі вже при першому максимальному статичному навантаженні.

Тим не менш, варто зазначити, що для коліс діаметрів менше 300 мм гартування на значну глибину не має відчутного сенсу. Достатньо мати твердий поверхневий шар товщиною близько 5 мм. Тобто поверхневі методи термообробки тут є прийнятними.

Напруження коліс, що контактують із пласкими (квадратними) рейками є до 2-х разів меншими за такі при контакті із випуклими рейками (див. рис. 2.13, 2.17). Тому сталь 45 не рекомендується використовувати в парі із рейками випуклих голівок.

3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ТИПОРОЗМІРНОГО РЯДУ КРАНОВИХ КОЛІС ТА РЕЙОК ОПОРНИХ МОСТОВИХ КРАНІВ

В результаті проведених досліджень контактної взаємодії пар колесо-рейка, можна запропонувати наступні рекомендації:

1. Циліндричні колеса мостових кранів, що використовуються в парі із рейкою-квадратом достатньо виготовляти із сталі 45, бо за рахунок більшої зони контакту максимальні напруження в колесі є до 2-х разів нижчими ніж за використання вузьких рейок.
2. Циліндричні кранові колеса малого діаметра (менше 300 мм) не потребують спеціального тех. процесу сорбітизації доріжок кочення. Особливо при їх використанні із квадратними рейками. Максимальні контактні напруження в колесах таких діаметрів виникають на глибині до 2 мм тому поверхневу термообробка на глибину 5...8 мм можна вважати достатньою.
3. Для коліс діаметром 160 мм нема необхідності у рейці шириною 50 мм, як вказано в [3]. Для цих коліс достатнім є квадрат 35...40 мм.
4. Жоден із наявних профілів рейок не забезпечує ідеальних умов контакту із циліндричним колесом. За ідеальний контакт можна прийняти таку контактну пару колесо/рейка в якій за дії максимального статичного навантаження на колесо, пляма контакту колесо/рейка сягає всієї ширини голівки рейки. Найбільш близькі до цієї форми рейки за DIN стандартами.
5. Рейки із малими радіусами кривизни голівок не рекомендується використовувати із циліндричними крановими колесами. Мінімальним радіусом кривизни голівки рейки можна приймати 400 мм. Рекомендовані – більше 500 мм.

Згідно всіх отриманих результатів рекомендовано розміри кранових коліс та рейок, представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Рекомендації щодо уніфікації кранових коліс

Діаметр колеса, мм	160	200	250	300	400	500	630	710	900	1000	1250
Максимальне статичне навантаження, кН	27	41	52	100	190	290	400	500	*	*	*
Ширина доріжки кочення, мм	60		75			100			140		170
Матеріал коlesa	Сталь 45			Сталь 55Г...75				Сталь GS-42CrMo4			
Термообробка	Поверхнєве гартування				Сорбітизація доріжок кочення			Поверхнєве гартування (спец.)			
Ширина рейки, мм	40		50			70			100		120
Радіус кривини голівки рейки R, мм	пласка			≥ 400		≥ 500			≥ 600		

* - потребують подальшого аналізу

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з безпеки при розробці основ уніфікації кранових коліс.

4.1. Аналіз потенційних небезпек

а) Незадовільно організоване робоче місце дослідника в адміністративному приміщенні.

б) Можливість ураження електричним струмом в наслідок порушень правил з електричної безпеки.

в) Небезпеки які пов'язані з вимірюванням зношування ходових коліс.

г) Проблеми які пов'язанні з вибором оптимальних матеріалів для виготовлення ходових коліс з метою зменшення їх зношування.

г) Небезпеки які пов'язані з обробкою результатів з використанням комп'ютерної техніки.

д) Незадовільні метеорологічні параметри повітряного середовища адміністративного приміщення в наслідок незадовільної роботи системи опалювання.

е) Незадовільне освітлення приміщень в наслідок виходу з ладу освітлювальних приладів.

є) Можливість загорянь в наслідок порушень правил пожежної безпеки, що може призвести до пожежі.

ж) Небезпеки які пов'язані з умовами праці в період впровадження військового стану.

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

а) Заходи з організації робочого робочого місця дослідника.

Конструкція робочого місця користувача персонального комп'ютера має забезпечити підтримання оптимальної робочої пози офісного працівника. Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і документів. Висота робочої поверхні робочого столу має регулюватися в межах 680-800 мм, а ширина і глибина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: 600-1400мм, глибина – 800-1000мм).

Робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше ніж 600мм, завширшки не менше ніж 500мм, завглибшки (на рівні колін) не менше ніж 450мм, на рівні простягнутої ноги не менше ніж 650мм. Робочий стілець має бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з кутом і нахилу сидіння та спинки і за відстанню від спинки до переднього краю сидіння поверхня сидіння має бути плоскою, передній край – заокругленим. Регулювання за кожним із параметрів має здійснюватися незалежно, легко і надійно фіксуватися. Шаг регулювання елементів стільця має становити: для лінійних розмірів – 15-20мм, для кутових – 2-5 градусів. Зусилля регулювання має не перевищувати 20Н. Висота поверхні сидіння має регулюватися в межах 400-500мм, а ширина і глибина становити не менше ніж 400мм. Кут нахилу сидіння – до 15 градусів вперед і до 5 градусів назад. Висота спинки стільця має становити (300 ± 20) мм, ширина – не менше ніж 380 мм, радіус кривизни горизонтальної площини – 400мм. Кут нахилу спинки має регулюватися в межах 1-30 градусів від вертикального положення. Відстань від спинки до переднього краю сидіння має регулюватися в межах 260-400мм. Для зниження статичного напруження м'язів верхніх кінцівок слід використовувати стаціонарні або змінні підлокітники завдовжки не менше ніж 250мм, завширшки 50-70мм, що регулюються за висотою над сидінням у межах 230-260мм і відстанню між підлокітниками в межах 350-500мм. Поверхня сидіння і спинки стільця має бути напівм'якою з нековзним, повітронепроникним

покриттям, що легко чиститься і не електризується. Робоче місце має бути обладнане підставкою для ніг завширшки не менше ніж 300мм, завглибшки не менше ніж 400мм, що регулюється за висотою в межах до 150мм і за кутом нахилу опорної поверхні підставки до 20 градусів. Підставка повинна мати рифлену поверхню і бортик по передньому краю заввишки 10мм.

Робочі місця слід розташовувати відносно світових прорізів так, щоб природне світло падало переважно з лівого боку. При розміщенні робочих столів з персональними комп'ютерами слід дотримувати:

- відстань між бічними поверхнями персональних комп'ютерів 1,2 м.;
- відстань від тильної поверхні одного персонального комп'ютера до екрана іншого – 2,5 м.

За потреби особливої концентрації уваги під час виконання робіт суміжні робочі місця операторів необхідно відділяти одне від одного перегородками висотою 1,5 – 2м.

Монітор має розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, що становить 600-700мм, але не ближче ніж за 600мм з урахуванням розміру літерно-цифрових знаків і символів. Розташування екрана монітору має забезпечувати зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом +30 градусів до нормальної лінії погляду працівника. Клавіатуру слід розташовувати на поверхні столу на відстані 100-300 мм від краю, звернутого до працюючого. У конструкції клавіатури має передбачатися опорний пристрій (виготовлений із матеріалу з високим коефіцієнтом тертя, що перешкоджає мимовільному її зсуву), який дає змогу змінювати кут нахилу поверхні клавіатури у межах 5-15 градусів. Висота середнього рядка клавіш має не перевищувати 30мм. Поверхня клавіатури має бути матовою з коефіцієнтом відбиття 0,4. Розташування пристрою введення – виведення інформації має забезпечувати добру видимість монітору, зручність ручного керування в зоні досяжності моторного поля і за висотою – 900-1300мм, за шириною 400-500мм.

Під матричні принтери потрібно підкладати вібраційні килимки для гасіння вібрації та шуму.

Робоче місце з персональним комп'ютером слід обладнати пюпітром для документів, що легко переміщуються.

Для забезпечення захисту і досягнення нормованих рівнів комп'ютерних випромінювань необхідно застосування приєкраних фільтрів, локальних світлофільтрів (засобів індивідуального захисту очей) та інших засобів захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат.

б) Попередження ураження електричним струмом в наслідок порушень правил з електричної безпеки.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є такі:

Застосування малих напруг і електричний поділ мереж. Для забезпечення безпеки електроспоживачів варто застосовувати напругу до 42 В, приміщеннях із підвищеною небезпекою – 36 В, в особливо небезпечних – 12 В. Як правило, при використанні електроустаткування з такою напругою враховується те, що одяг, взуття мають певний опір, немає щільного (зварного, болтового) контакту з землею і т. д.; в аварійних ситуаціях струм через тіло людини не досягає невідпускаючого порогу. Необхідно пам'ятати, що для одержання малої напруги необхідно використовувати автономні джерела (акумулятори, спеціальні мотор-генератори і т. д.). Можна використовувати і перетворювачі напруги, але при цьому пам'ятати про обов'язкову умову: мережа малої напруги повинна бути електрично ізольована, відділена від мережі високої напруги. У зв'язку з цим категорично заборонено використовувати в якості джерела малої напруги автотрансформатор, тому що в ньому обидві обмотки електрично пов'язані.

Контроль ізоляції. При порушенні ізоляції мереж і устаткування корпусу, конструкції, на яких вони змонтовані, труби, в яких прокладені проводи, можуть виявитися під небезпечною напругою. Тому контроль ізоляції є необхідною мірою, що попереджує небезпеку ураження електричним струмом.

В установках до 1 000 В опір ізоляції повинен бути не нижче 0,5 м Ом.

Захисне заземлення – це навмисне з'єднання із заземленим пристроєм металевих частин електроустаткування, що нормально не знаходяться під напругою, але можуть виявитися такими у випадку ушкодження ізоляції. Металеві частини устаткування – це корпуси, кожухи, постійні огороження, арматура, згідно ДСТУ 12.1.030-81. Зміст заземлення полягає в тому, щоб знизити напругу доторкання при ушкодженні ізоляції до безпечної для людини величини.

Захисне відключення – це система захисту, що забезпечує безпеку шляхом автоматичного відключення (протягом не більш 0,2 сек.) електроустановки у випадках замикання струмоведучої частини на землю, зниження опору ізоляції, несправності заземлення, згідно ДСТУ Б В.2.5-82:2016.

При замиканні струмоведучої частини на корпус, кожух, огороження і т. д. спрацьовує спеціальне реле захисту, яке відключає електричну установку від мережі.

Захист від випадкового дотику до струмоведучих частин досягається шляхом використання огорожень і відповідних кон-струкцій електроустановок; блокувань; розташування струмопровідних частин на недоступній висоті (наприклад лінії електро-передач); застосування подвійної ізоляції.

Під подвійною ізоляцією розуміють застосування, крім основної ізоляції струмопровідних частин, ще одного прошарку, що ізолює людину від

металевих неструмопровідних частин, які можуть випадково виявитися під напругою. Часто це використовують при виготовленні електроінструмента, корпус якого покриває пластмаса: пластмасова ізоляція проводів обмотки електричного двигуна – перша ізоляція, пластмаса, що покриває корпус електродвигуна – друга ізоляція.

в) Для забезпечення безпеки при вимірюванні зношуваності передбачено:

Для забезпечення безпеки потрібно виконуються наступні вимоги:

- Спеціальний одяг, взуття і інші засоби індивідуального захисту, а також запобіжні пристрої.
- Згідно ГОСТ 12.2.071-980 «ССБТ. Крані грузоподъемніе, контейнерніе. Требования безопасности» для забезпечення безпеки виконання робіт вантажопідйомні машини обладнуються запобіжними пристосуваннями автоматичної зупонки механізмів та самої машини при підході машини до кінцевих робочих положень при перевантаженні або знятті електричної напруги.
- В залежності від типу вантажопідйомні крани повинні бути обладнані відповідними приладами пристроями безпеки: кінцевими вимикачами, обмежувачем вантажопідйомності, протиутінними пристроями, блокуванням, сигналізацією (світловою та звуковою) і т.п.к

г) Для мінімізації зношування ходових колес ПТМ рекомендовано використання марок сталей: Сталей 45, Сталь 75, Сталь 65Г, Сталь 2 ГОСТ 10791, 42CrMo4, GS-70.

ґ) Безпека під час роботи з персональним комп'ютером.

Щодня перед початком роботи необхідно очищати монітор від пилу та інших забруднень. Після закінчення роботи персональний комп'ютер і периферійні пристрої повинні бути відключені від електричної мережі. У разі

виникнення аварійної ситуації необхідно негайно відключити персональний комп'ютер і периферійні пристрої від електричної мережі.

Не допускається:

- виконувати обслуговування, ремонт та налагодження персонального комп'ютеру та периферійних пристроїв безпосередньо на робочому місці оператора;
- зберігати біля персонального комп'ютеру та периферійних пристроїв папір, будь-які носії інформації (диски, флешки тощо), запасні блоки, деталі тощо, якщо вони не використовуються для поточної роботи;
- відключати захисні пристрої, самочинно проводити зміни у конструкції та складі персонального комп'ютеру та периферійних пристроїв або їх технічне налагодження;
- працювати з персональним комп'ютером, у яких під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на моніторі тощо;
- працювати з матричним принтером за відсутності вібраційного килимка та зі знятою (піднятою) верхньою кришкою.

Персонал, що працює на комп'ютері зобов'язаний дотримуватися вимог інструкції, розробленої на підставі Санітарних норм і правил Сан Пин 2. 2. 2. 542-96 «Гігієнічні вимоги до відео дисплейні Мансуров, персональних електро-обчислюваних машин і організації робіт», а також нести особисту відповідальність за дотримання вимог безпеки своєї праці та за створення небезпечного або шкідливого виробничого фактора для інших працюючих і поломку комп'ютера.

При роботі з комп'ютером шкідливими і небезпечними факторами є:

- електростатичні поля;
- електромагнітне випромінювання;
- наявність потужних іонізуючих випромінювань;
- локальне стомлення, загальне стомлення;
- стомлюваність очей;

- небезпека ураження електричним струмом;
- пожежонебезпека.

Режими праці та відпочинку при роботі з комп'ютером повинні організовуватися в залежності від виду та категорії трудової діяльності. Види трудової діяльності поділяються на 3 групи:

- Група А – робота з зчитування інформації з екрана комп'ютера з попереднім запитом;
- Група Б – робота з введення інформації;
- Група В – творча робота в режимі діалогу.

За основну роботу з комп'ютером слід приймати таку, що займає не менше 50% часу протягом часу роботи комп'ютера. Для видів трудової діяльності встановлюється 3 категорії тяжкості і напруженості роботи з комп'ютером, які визначаються:

для групи А – по сумарному числу прочитуються знаків за час роботи з комп'ютером, але не більше 60 000 знаків;

для групи Б – по сумарному числу зчитуються або вводяться знаків за час роботи з комп'ютером, але не більше 40000 знаків;

для групи В – по сумарному часу безпосередньої роботи з комп'ютером, але не більше 6 годин за час роботи з комп'ютером. Для забезпечення оптимальної працездатності і збереження здоров'я протягом часу роботи з комп'ютером повинні встановлюватися регламентовані перерви.

Перед початком роботи необхідно переконатися, що монітори комп'ютера мають антиблокувальне покриття (крім групи А) з коефіцієнтом відображення не більше 0, 5. Покриття повинне також забезпечувати зняття електростатичного заряду з поверхні екрана, іскріння і накопичення пилу. Корпус монітора повинен забезпечувати захист від іонізуючих та неіонізуючих випромінювань.

Необхідно перевірити робоче положення комп'ютера відстань між стіною з віконними прорізами і столом повинно бути не менше 0, 8 м. Відстань між

робочими столами повинна бути не менше 1, 2 м. Не допускається знаходження другого робочого місця з боку задньої сторони.

4.3 Забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці.

д) Приміщення для роботи з персональними комп'ютерами мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщеннях на робочих місцях мають забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря табл.6.1 у відповідності до ГОСТ 12.1.005-88, СН 4088-86.

Таблиця 6.1

По ра року	Категор ія робіт	Темпера тура повітря, град. С	Відносни а вологість повітря, %	Швидкі сть руху повітря, м/с
		оптимал ьна	оптима льна	оптима льна
Хо лодна	легка-1 а	22 – 24	40 – 60	0,1
	легка-1 б	21 – 23	40 – 60	0,1
Теп ла	легка-1 а	23 – 25	40 – 60	0,1
	легка-1 б	22 – 24	40 – 60	0,2

Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам № 2152-80.

Для підтримки допустимих значень мікроклімату та концентрації позитивних та негативних іонів необхідно передбачати установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціонування повітря.

е) Заходи щодо забезпечення нормованого освітлення приміщень

Приміщення, в яких встановлені персональні комп'ютери, повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до СНиП II-4-79.

Природне освітлення має здійснюватись через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід і забезпечувати коефіцієнт природною освітленості (КПО) не нижче ніж 1,5%. Розраховується КПО за методикою, викладеною в СНиП II-4-79.

Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення. У разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення). Зазначення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500лк. Якщо ці значення освітленості неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. При цьому світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати відблисків на поверхні екрана, а освітленість екрана має не перевищувати 300лк. Як джерела світла в разі штучного освітлення мають застосовуватись переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ. У разі влаштування відбитого освітлення у приміщеннях, де переважним чином працюють з документами, допускається застосування металогалогенних ламп потужністю 250Вт. Допускається застосування ламп розжарювання у світильниках місцевого освітлення. Система загального освітлення має становити суцільні або

переривчасті лінії світильників, розташовані збоку від робочих місць (переважно ліворуч), паралельно лінії зору працюючих.

Допускається використання світильників таких класів світлорозподілу:

- прямого світла – П;
- переважно прямого світла – Н;
- переважно відбитого світла – В.

Для загального освітлення слід застосовувати світильники серії ЛПО 36 із дзеркальними ґратами, що укомплектовані високочастотними пускорегулювальними апаратами (ВЧ ПРА). Допускається застосовувати світильники цієї серії без ВЧ ПРА тільки в модифікації «Кососвітло».

При відсутності світильників серії ЛПО36 з ВЧ ПРА і без ВЧ ПРА модифікації «Кососвітло» допускається застосування світильників загального освітлення серії:

- ЛПО13 – 2×40/Б – 01;
- ЛПО13 – 4×40/Б – 01;
- ЛПО13 – 2×40 – 06;
- ЛПО13 – 2×65 – 06;
- ЛСО05 – 2×40 – 001;
- ЛСО05 – 2×40 – 003;
- ЛСО04 – 2×36 – 008;
- ЛПО34 – 4×36 – 002;
- ЛПО34 – 4×58 – 002;
- ЛПО31 – 2×31 – 002,

а також їх вітчизняні та зарубіжні аналогів.

Застосування світильників без розсіювачів та екрануючих ґрат заборонено. Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50 до 90 градусів з вертикаллю в повздовжній та поперечній площинах має становити не більше ніж 200 кд/м², захисний кут світильників – не менше ніж

40 градусів. Світильники місцевого освітлення повинні мати відбивач, що просвічує, із захисним кутом, не меншим ніж 40 градусів.

Слід передбачити обмеження прямої блискості від джерел природного та штучного освітлення. При цьому яскравість світлих поверхонь (вікна, джерела штучного освітлення), що розташовані в полі зору повинна бути не більше ніж 200 кд/м^2 . Необхідно обмежувати відбиту блискість на робочих поверхнях відносно джерел природного і штучного освітлення. При цьому яскравість відблисків на екрані ВДТ має не перевищувати 40 кд/м^2 , а яскравість стелі в разі застосування системи відбитого освітлення – 200 кд/м^2 .

Показник осліпленості у разі використання джерел загального штучного освітлення у виробничих приміщеннях має не перевищувати 20, а показник дискомфорту в адміністративно-громадських приміщеннях має бути не більше за 40. Необхідно обмежувати нерівномірність розподілу яскравості в полі зору працюючих з ВДТ. При цьому співвідношення яскравостей робочих поверхонь має бути не більшим ніж 3:1, а співвідношення яскравостей робочих поверхонь та поверхонь стін, обладнання тощо – 5:1. Коефіцієнт запасу для освітлювальних установок загального освітлення має дорівнювати 1,4. Коефіцієнт пульсації має не перевищувати 5%, що забезпечується застосуванням газорозрядних ламп у світильниках загального та місцевого освітлення з ВЧ ПРА для світильників будь-яких типів. Якщо не має світильників з ВЧ ПРА, то лампи багатолампових світильників або світильники загального освітлення, розташовані поруч, слід вмикати на різні фази трьохфазної мережі. Для забезпечення нормованих значень освітленості у приміщеннях з ВДТ ЕОМ та ПЕОМ слід чистити шибки і світильники принаймні двічі на рік і вчасно замінювати лампи, що перегоріли.

4.4 Заходи з пожежної безпеки

є) Забезпечення пожежної безпеки – невід'ємна частина державної діяльності щодо охорони життя та здоров'я людей, національного багатства та навколишнього середовища.

Кожне підприємство має приділяти особливу увагу системі протипожежного захисту, яка включає сукупність організаційних заходів, а також технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних факторів пожежі та обмеження матеріальних збитків від неї.

Для забезпечення пожежної безпеки мають бути реалізовані такі напрямки діяльності:

- формування системи пожежної безпеки, що забезпечує ефективність заходів, спрямованих на запобігання та обмеження поширення пожежі;
- забезпечення будівлі необхідними засобами контролю, оповіщення та пожежогасіння;
- створення умов, спрямованих на дотримання працівниками вимоги пожежної безпеки і підтримання протипожежного режиму;
- не допускати відхилень від стандартів, технічних регламентів, прийнятої практики та процедур виконання робіт, які можуть призвести до виникнення пожежі.

Визначення фактичного ступеня вогнестійкості цегляної двоповерхової будівлі, в якій розташоване дане адміністративне приміщення виконуємо за даними таблиці «Конструктивні характеристики будинків залежно від їх ступеня вогнестійкості» [5, с. 37]

В нашому випадку ступінь вогнестійкості будівлі I або II, тобто дане приміщення належить до будинків з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плиткових негорючих матеріалів

Тип та кількість вогнегасників в приміщенні визначається відповідно до вимог:

- правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин, затверджені наказом № 65 Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26 березня 2010 р.;

- правилами пожежної безпеки України, затвердженими наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій від 19.10.2004 № 126, зареєстрованими в Міністерстві юстиції України 04.11.2004 за № 1410/10009 (НАПБ А.01.001-2004);

- державних будівельних норм «Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд», затверджених наказом Держбуду України від 28.10.98 № 247 (ДБН В.2.5-13- 98), з димовими пожежними сповіщувачами та переносними вуглекислотними вогнегасниками;

- типових норм належності вогнегасників, затверджених наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 02.04.2004 № 151, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 29.04.2004 за № 554/9153 (НАПБ Б.03.001-2004).

Для визначення типу та кількості вогнегасників необхідно знати:

- категорія приміщення– категорія В;

- клас пожежі. Визначаємо за стандартом ISO №3941-77. В даному випадку – це клас D.

Необхідну кількість вогнегасників визначаємо за таблицею «Рекомендації щодо оснащення приміщень переносними вогнегасниками» [6, с. 41].

Для забезпечення пожежної безпеки даного адміністративного приміщення, яке має I ступінь вогнестійкості та категорію приміщення D, необхідно встановити 1 порошковий вогнегасник ємністю 5 літрів.

4.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Під час введення воєнного стану можуть запроваджуватися такі заходи: Використовувати потужності та трудові ресурси підприємств, установ і організацій усіх форм власності для потреб оборони, змінювати режим їхньої роботи, проводити інші зміни виробничої діяльності, а також умов праці відповідно до законодавства про працю. Запроваджувати комендантську годину. Установлювати особливий режим в'їзду і виїзду, обмежувати свободу пересування громадян, іноземців та осіб без громадянства, а також рух транспортних засобів. Читайте також ЗСУ приведені у повну бойову готовність. Перевіряти документи у громадян, а в разі потреби проводити огляд речей, транспортних засобів, багажу і вантажів, службових приміщень і житла громадян, за винятком обмежень, встановлених Конституцією України. Забороняти проведення мирних зборів, мітингів, походів і демонстрацій, інших масових заходів. Може обмежуватися право на вільне пересування. Також обмежується право власності через примусове відчуження майна у фізичних та юридичних осіб на потреби оборони. Слід сказати, що законом передбачена компенсація за таке вилучення, а також повернення майна у разі його збереження при використанні в період військового часу. Можуть обмежувати і трудові права, через введення трудової повинності. Але, разом з тим, законом передбачається соціальний захист, право на відпочинок і мінімальна заробітна плата. Не можуть обмежуватися в період воєнного стану такі фундаментальні права людини, як право на життя, на повагу гідності, на свободу та особисту недоторканність, право на рівність перед законом, право на житло. Чиї повноваження не можна припиняти під час воєнного стану: В умовах військового часу забороняється проведення виборів, референдумів, страйків та внесення змін до Конституції. Невиконання вимог правового режиму воєнного

стану

тягне

за

собою

відповідальність.

ВИСНОВКИ

В роботі покладено початок вирішенню важливої практичної задачі гармонізації стандартів на кранові колеса та кранові рейки, а також уніфікації їх матеріалів, термообробки та методів розрахунку.

1. Проведено всебічне порівняння стандартів на кранові колеса та кранові рейки, що застосовуються різними виробниками в різних країнах світу.
2. Побудовано кінцево-елементні моделі контактних пар колесо-рейка, що дозволило провести розрахунки контактних напружень в цих парі в залежності від навантаження.
3. Проведено моделювання контактної взаємодії 6 модифікацій пар кранове колесо / кранова рейка та отримано залежності максимальних еквівалентних напружень в колесі від рівня статичного навантаження.
4. Доведено, що вузькі залізничні рейки слід вважати неприйнятними для кранів із циліндричними колесами через те, що радіус кривини їх голівок є дуже малим і це спричиняє високі контактні напруження в колесі та рейці.
5. Встановлено, що ДСТУ та галузеві стандарти на кранові колеса, що сьогодні діють в Україні, є морально застарілими та не відповідають більшості зарубіжних стандартів.
6. Доведено, що рекомендації по використанню підкранових рейок, що сьогодні використовуються в Україні потребують перегляду і погано корелюють із стандартами інших країн.
7. Запропоновано новий типорозмірний ряд кранових коліс, що гармонізує стандарти більшості виробників кранових коліс та забезпечує більшу несучу здатність та довговічність пари колесо / рейка.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ГОСТ 6711-81 Краны мостовые электрические общего назначения грузоподъемностью от 80 до 500 т. Основные параметры и размеры. – М: Издательство стандартов, 1982. – 48 с.
2. ГОСТ 28648-90 Колеса крановые. Технические условия. – М: Издательство стандартов, 1991. – 7 с.
3. ГОСТ Р 56944-2016 Краны грузоподъемные. Пути рельсовые крановые надземные. Общие технические условия. М: Стандартинформ, 2016. – 50 с.
4. ГОСТ 14959-79 Прокат из рессорно-пружинной углеродистой и легированной стали. Технические условия. – М: Издательство стандартов, 1981. – 14 с.
5. ГОСТ 10791-2011. Колеса цельнокатаные. Технические условия. М: Стандартинформ, 2011. – 32 с.
6. ГОСТ 1050-2013Metalloprodukcija iz neleģirovannykh konstrukcionnykh kachestvennykh i specialnykh staley. Obshchie tekhnicheskie uslovija. М: Стандартинформ, 2014. – 35 с.
7. ГОСТ 25835-83. Краны грузоподъемные. Классификация механизмов по режимам работы. М: Издательство стандартов, 1985. – 7 с.
8. ГОСТ 4121-96 Рельсы крановые. Технические условия. М: Стандартинформ, 2002. – 20 с.
9. Александров М.П. Грузоподъемные машины [Текст] : Учебник для вузов / М.П.Александров.- М.: Высшая школа, 2000. - 552 с.
10. DIN 15049. Cranes with electric hoists or similar hoist gear; track wheels with plain bearings. STANDARD by Deutsches Institut Fur Normung E.V. (German National Standard). - 52 с.
11. DEMAG ZKKE standard double-girder overhead travelling crane : Dimension catalogue. – Demag, 2016. – 36 P.
12. SIBRE Crane Wheel Systems : catalog. – Haiger, Germany : Siegerland-Bremsen, 2016. – 16 P.

13. CraneSource Crane components : Drawings and Specification Book. – Muskegon, Michigan, USA, 2007. – 56 P.
14. XTek Wheel Products : catalog. – Cincinnati, USA, 2014. – 8 P.
15. DIN 536-1 DIN 536-1 - Crane Rails Hot Rolled Flat Bottom Crane Rails (Type A) Dimensions, Section Parameters and Steel Grades. – Germany, 1991. – 5 P.
16. Requirements for overhead cranes rails. – CERN, 2015. – 21 P.
17. ГОСТ Р 51685-2013 Рельсы железнодорожные. Общие технические условия. – М: Стандартинформ, 2014. – 30 с.
18. ДСТУ 4344:2004. Рейки звичайні для залізниць широкої колії. Загальні технічні умови. – К: Держспоживстандарт України, 2005. – 68 с.
19. Алямовский А.А. Инженерные расчёты в SolidWorks Simulation / А.А. Алямовский. М.: ДМК Пресс, 2010. – 464 с.
20. Алямовский А.А. COSMOSWorks. Основы расчёта конструкций на прочность в среде SolidWorks / А.А. Алямовский. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 784 с.
21. Черепашков А.А. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении / А.А. Черепашков, Н.В. Носов. – Волгоград: «Ин-фолио», 2009. – 640 с.
22. ГОСТ 4543-71 Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. – М. : Издательство стандартов, 1972. – 39 с.
23. SolidWorks 2013. Analysis Solvers. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф., зв. дан. и прикладная прогр. – Dassault Systemes. – 2013.
24. Справочник по кранам. В 2 т. Т. 1 Характеристики материалов и нагрузки. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций. / Под общ. Ред. М.М. Гохберга. – М. : Машиностроение, 1988. – 536 с.
25. Подъемно-транспортные машины. Атлас конструкций. / Под редакцией М.П. Александрова. – М. : Машиностроение, 1987. – 392 с.

26. НПАОП 0.00 – 1.01 – 07 «Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов».
27. Иванченко Ф. К. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин / Иванченко Ф. К. и др. – Киев: издательское объединение «Вища школа», 1978, – 576 с.
28. Александров М.П. Грузоподъемные машины [Текст] : Учебник для вузов/ М.П.Александров.- М.: Высшая школа, 2000. - 552 с.
29. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины. — 3-е изд. — М.: Машиностроение, 1975. — 431 с.
30. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. – М. : Издательство стандартов, 1992. – 39 с.
31. SolidWorks 2013. Analysis Solvers. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф., зв. дан. и прикладная прогр. – Dassault Systemes. – 2013.
32. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины. Учебник для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 536 с.
33. Н.Н. Романюк Подъемно-транспортные машины : учебно-методический комплекс / Н.Н. Романюк, К.В. Сашко, В.А. Агейчик. – Минск : БГАТУ, 2015. – 208 с.
34. Абрамович И.И. Грузоподъемные краны промышленных предприятий : Справочник / И.И. Абрамович, В.Н. Березин, А.Г. Яуре. – М.: Машиностроение, 1989. – 360 с.
35. Crane wheels KarlGeorg. – Germany: Ingelbach-Bahnhof, 2010. – 79 с.

Файл Редактировать Настройки Справка



Что нового ^

Текст проверки

Журнал проверки

Результат проверки

ЗМІСТ ВСТУП 6 1. **Огляд** СТАНДАРТИЗОВАНИХ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ **КРАНОВИХ КОЛІС** 8 1.1 **Огляд** вітчизняних типорозмірних рядів **кранових коліс** 8 1.2 **Огляд** зарубіжних типорозмірів **кранових коліс** 12 1.3 **Огляд** типорозмірних рядів підкранових рейок 17 1.4 **Огляд** рекомендацій із вибору діаметрів кранових коліс 21 1.5 Висновки із огляду **колів**. Постановка проблеми 24 2. КІНЦЕВО-ЕЛЕМЕНТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ **КОНТАКТНИХ НАПРУЖЕНЬ** ПАР КОЛЕСО-РЕЙКА 26 2.1 Побудова моделей пари колесо-рейка 28 2.2 **Визначення контактних напружень колів** великого діаметру 29 2.3 **Визначення контактних напружень колів** малого діаметра 35 3. РЕКОМЕНДАЦІ ДО ТИПОРОЗМІРНОГО РЯДУ **КРАНОВИХ КОЛІС** ТА РЕЙОК ОПОРНИХ МОСТОВИХ КРАНІВ 41 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 43 4.1 **Заходи з охорони праці** 43 4.2 **Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях** 49 4.3 **Висновки щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях** 54 **ВИСНОВКИ** 55 **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ** 56 **ВСТУП** Мостові крани є одними з найбільш поширених типів кранів і **призначені** для обслуговування технологічних вантажопотоків, **виконання вантажно-розвантажувальних транспортних операцій в цехах промислових підприємств, на монтажних контейнерних площадках, у відкритих і закритих складах** (рис. В.1). Рисунок В.1- Кран мостовий **Мостові крани** переміщуються по рельсовим **шляхах**, розташованим на **значній висоті від підлоги цеху, займають мало корисного простору і забезпечують обслуговування майже всієї його площі**. У деяких випадках **мостові крани** розташовують на естакадах. Основні параметри і розміри мостових **кранів** обирають по ГОСТ 6711-81 [1]. Найбільше поширення набули мостові крани **вантажопідйомністю 5 ... 320 т. Приблизно 2/3 всіх мостових кранів** оснащено **гаковими підвісками**. За вантажопідйомності **п'ятихтонні крани складають 20%, десятихтонні - 17%**; найбільш поширеним є **середній режим роботи**, в якому працюють **приблизно 80% кранів. Залежно від конструкції моста, крани ділять на одно і двобалкові (спеціальні крани** можуть бути багатобалковими). **Мостові крани** на сьогодні більшість виробників намагається комплектувати із **уніфікованих вузлів**. Це знижує собівартість кранів та підвищує швидкість їх виготовлення, простоту монтажу, ремонту та обслуговування. Колеса кранів мостового типу (рис. В.2) є активно зношувемими деталями. В залежності від режимів роботи, їх термін експлуатації складає від 2-х до 10 років. При найбільш легких режимах роботи, термін служби коліс може досягати 25 років. Рисунок В.2 - Колесо мостового крана В залізничному транспорті на сьогодні вже виконана задача уніфікації залізничних коліс та рейкових шляхів. Нажаль, про кранові колеса такого сказати не можна. На сьогодні в

ADVEGO Биржа контента №1

Регистрация

Вход

Новости Адвего

2 тур голосования конкурса "Научная фантастика Адвего" начался, поздравляем ТОП-50!

Сертификация Адвего для исполнителей / Возможность получить статус Гурзу

Обязательное обновление Advego Plagiatus / 3.0.10 - восстановление работы Google, Yahoo и Rambler поддержка ipv6

еще

Контент на заказ

Бесплатная проверка

уникальности



Как это работает?

● Статус поисковых систем Проверка заве...

Редактировать текст

Перепроверить

Файл Редактировать Настройки Справка



Что нового ^

Текст проверки

Журнал проверки

Результат проверки

Проверка завершена: **100%**Уникальность: по фразам **79%** / по словам **67%**

Время	по фразам / по словам	Источник проверки совпадений
21:42:30	—	Ошибка превышено время ожидания - http://mes.knau.knaukov.ua/navst
21:42:30	—	Ошибка Превышено время ожидания - https://dabi.gov.ua/wp-content/up
21:42:30	—	Ошибка Превышено время ожидания - https://unidoc.com.ua/wp-content
21:42:34	—	Ошибка Превышен допустимый размер страницы - https://www.shodyvd
21:42:34	—	Ошибка 500 - https://core.ac.uk/download/pdf/131421883.pdf
21:42:40	—	Ошибка Страница недоступна - http://lab-eurostandart.com/node/164
21:42:48	—	Проверка завершена: 79% уникальность, 67% рерайт, проверено докумен

Проверено документов 5617 / Найдено совпадений 884 / Ошибочных страниц 1063 Символов: 52867 / Слов: 7813



i Как это работает?

● Статус поисковых систем ▾ Проверка заве...

Очистить

Перепроверить

ADVEGO Биржа контента №1

Регистрация

Вход

Новости Адвего

2 тур голосования конкурса "Научная фантастика Адвего" начался, поздравляем ТОП-50!

Сертификация Адвего для исполнителей / Возможность получить статус Гуру

Обязательное обновление Advego Plagiatus / 3.0.10 - восстановление работы Google, Yahoo и Rambler поддержка ipv6

еще

Контент на заказ

Бесплатная проверка
уникальности

