

Міністерство освіти та науки України
Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Інженерний навчально-науковий інститут
кафедра металургійного обладнання
(повна назва кафедри)

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

На тему Підвищення продуктивності ланцюгових волочильних станів

Виконав: магістрант групи 8.1339-з

Мезенець Андрій Григорович

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

Металургійне обладнання

(шифр і назва)

Керівник Таратута К.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Н.контроль Огінський Й.К.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2021 року

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Інженерний навчально-науковий інститут

Кафедра металургійного обладнання _____.

Рівень вищої освіти магістр _____.
(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування _____.
(шифр і назва)

Спеціалізація _____.
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Металургійне обладнання _____.
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру Й.К. Огінський

“ _____ ” _____ 2020 року

Завдання
на кваліфікаційну випускну роботу студентів

Мезенцю Андрію Григоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської роботи: Підвищення продуктивності ланцюгових волоочильних станів
керівник магістерської роботи доцент, к.т.н. Таратута К.В.
затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ___ “ _____ 2020 року
№ _____.
2. Термін подання студентом роботи 01 грудня 2020 року.
3. Вихідні дані магістерської роботи техніко-економічні показники роботи ланцюгових волоочильних станів ПАТ «Дніпроспецсталь»
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Технологічна частина; 2. Розрахункова частина; 3. Дослідницька частина; 4. Охорона праці в галузі та техногенна безпека. Загальні висновки та рекомендації
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Загальний вигляд обладнання – 1А1; 2. Візок плашковий – 1А1; 3. Гідропрощовхувач – 1А1; 4. Гідроциліндр – 1А1; 5. Гідросхема прощовхувача – 1А1; 6. Деталювання – 1А1; 7. Ланцюги стану 2КМ-30 – 2А1.

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання прийняв	
1	Доцент, к.т.н. Таратута К.В.		
2	Доцент, к.т.н. Таратута К.В.		
3	Доцент, к.т.н. Таратута К.В.		
4	Доцент, к.т.н. Таратута К.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів магістерської роботи	Примітка
1	Збір матеріалу на проектування	01.09.20 – 02.10.20	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проектування	02.10.20 – 15.10.20	
3	Виконання теоретичної частини проекту	15.10.20 – 20.11.20	
4	Виконання графічної частини проекту	20.11.20 – 01.12.20	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	01.11.20 – 01.12.20	
6	Перевірка проекту консультантами	20.10.20 – 01.12.20	
7	Попередній захист проекту	20.11.2020	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проекту у ДЕК	10.12.2020	

Студент _____ Мезенець А.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник магістерської роботи _____ Таратута К.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Мезенець А.Г. Підвищення продуктивності ланцюгових волочильних станів. Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 133 - «Галузеве машинобудування», науковий керівник Таратута К.В. Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, кафедра металургійного обладнання, 2020.

В роботі виконано аналіз режимів експлуатації та удосконалення конструкції ланцюгових волочильних станів для підвищення їх продуктивності. Розглянуто удосконалення найбільш навантажених вузлів, тягових ланцюгів та шарнірних з'єднання. Запропоновано використання врівноважувального пристрою з пружинами розтягнення для зменшення бічних зсувів та перекосів візка. Виконано підбір, розрахунок та моделювання пружин розтягнення.

Ключові слова: ВОЛОЧИЛЬНИЙ СТАН, ГІДРОПРОШТОВХУВАЧ, ВОЛОКА, ЛАНЦЮГ, ПРУЖИНИ РОЗТЯГНЕННЯ, ЖОРСТКІСТЬ ПРУЖИН.

ABSTRACT

Mezenets AG Improving the productivity of chain drawing mills. Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 133 - "Industrial Engineering", supervisor Taratuta KV Engineering Educational and Scientific Institute of Zaporizhia National University, Department of Metallurgical Equipment, 2020.

The analysis of operating modes and improvement of the design of chain drawing mills to increase their productivity is performed in the work. Improvements to the busiest components, traction chains, and hinges are considered. The use of a balancing device with tension springs to reduce lateral displacements and skews of the trolley is proposed. Selection, calculation and modeling of tension springs are performed.

Key words: DRAWING STATE, HYDRAULIC PASSENGER, DRAW, CHAIN, TENSIONING SPRINGS, SPRING RIGIDITY.

АННОТАЦИЯ

Мезенец А.Г. Повышение производительности цепных волочильных станков. Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 133 - «Отраслевое машиностроение», научный руководитель Таратута К.В. Инженерный учебно-научный институт Запорожского национального университета, кафедра металлургического оборудования, 2020.

В работе выполнен анализ режимов эксплуатации и совершенствования конструкции цепных волочильных станков для повышения их производительности. Рассмотрены усовершенствования наиболее нагруженных узлов, тяговых цепей и шарнирных соединения. Предложено использование уравновешивающего устройства с пружинами растяжения для уменьшения боковых смещений и перекосов тележки. Выполнен подбор, расчет и моделирование пружин растяжения.

Ключевые слова: ВОЛОЧИЛЬНЫЙ СТАН, ГИДРОПРОШТОВХУВАЧ, ВОЛОКА, ЦЕПЬ, ПРУЖИНЫ РАСТЯЖЕНИЯ, ЖЕСТКОСТЬ ПРУЖИН.

ЗМІСТ

	стор.
Перелік умовних позначень	6
Вступ	7
1. Технологічна частина	8
1.1 Загальні відомості про підприємство	9
1.2 Сортамент продукції що випускається	11
1.3 Технологія виробництва на ПАТ «Дніпроспецсталь»	12
1.4 Характеристика механічного устаткування калібрувального цеху	16
1.5 «Вузькі місця» калібрувального цеху й заходу щодо їх усунення	22
2. Розрахункова частина.	24
2.1 Основні типи й конструктивні особливості станів прямолінійного волочіння	25
2.2 Огляд і аналіз конструкції волочильного стану 2КМ30 - 9	30
2.3 Розрахунок привода й найбільш навантажених елементів волочильного стану	47
2.4 Розрахунок ходового колеса плашкового візка	52
2.5 Розрахунок осі ходового колеса візка	54
2.6 Розрахунок підшипників вала ходового колеса	63
2.7 Розрахунок пружини гідро проштовхувача	68
3. Дослідницька частина	74
3.1 Призначення та конструкції пружин	75
3.2 Матеріали пружин	80
3.3 Розрахунки циліндричних пружин розтягання й стиску	82
3.4 З'єднання пружин	89
3.5 Методика проведення лабораторного дослідження	91
3.6 Удосконалення конструкції візка	98
3.7 Підбор та розрахунок пружин розтягнення врівноважильного механізму допомогою бібліотеки APM FEM	100
3.8 Моделювання навантаження пружини в програмі КОМПАС-3D за допомогою бібліотеки APM FEM	107
4. Охорона праці в галузі та техногенна безпека	116
4.1 Характеристика ступеня безпеки обраних технологічних процесів, рівня їхньої механізації й автоматизації	117
4.2 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища.	118
4.3 Технічне рішення по виробничій санітарії	120
4.4 Заходи щодо техніки безпеки	121
4.5 Міри пожежної безпеки	125
4.6 Рішення по захисту навколишнього середовища	126
4.7 Тепловий розрахунок	126
4.8 Техногенна безпека	128
Загальні висновки та рекомендації.	131
Список використаних джерел	132
Список виконаних креслень	134
Додатки	135

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- $T_{\text{ном}}$ – номінальний момент двигуна;
- F - зусилля що діє;
- HR_C - твердість матеріалу за Роквелом;
- Z - жорсткість пружини;
- Па – паскаль;
- МПа – мегапаскаль;
- хв⁻¹ - обертів за хвилину;
- м/с - швидкість метрів за секунду;
- кВт - кіловати;
- Н – ньютон;
- кН – кілоньютон;
- W_k - момент опору крутінню;
- σ - напруження в матеріалі;
- τ – дотичні напруження в матеріалі;
- E – модуль пружності матеріалу
- C – динамічна вантажопідйомність підшипника;
- C₀ – статична вантажопідйомність підшипника;
- P- еквівалентне динамічне навантаження;
- L_n - номінальний термін служби підшипника в годинах
- °C – градус Цельсія;
- дБ – децибели;
- ін. – інше;
- рис. – рисунок;
- табл. – таблиця;
- т.д. – так далі;
- т.п. – тому подібне;
- т.ч. – тому числі;
- % – відсоток.

ВСТУП

Актуальність роботи. Каліброване виробництво є завершальною ланкою виробничого циклу на металургійному підприємстві ПАТ «Дніпрспецсталь». Виробництво каліброваної сталі, з використанням процесу волочіння, має ряд переваг у порівнянні з механічною обробкою різанням, а саме однаковий розмір по всій довжині виробу; висока якість поверхні; значна економія металу, пов'язана з відсутністю відходів металу в стружку; підвищення межі міцності за рахунок наклепу металу.

Споживачами каліброваної й волочильної продукції є практично всі галузі: машинобудування, будівництво, транспорт, енергетика й ін.

Сортамент каліброваної й волочильної продукції надзвичайно різноманітний. Як матеріал використовується понад дві тисячі марок сталей і кольорових металів.

Залежно від форми, розмірів і властивостей застосовуються калібрувальні й волочильні стани різних типів. Вони класифікуються по кількості переходів, взаємному розташуванню волочильного інструмента й інших ознак. Відповідно застосовуються різні технології калібрування й волочіння.

Процеси калібрування й волочіння безупинно вдосконалюються, при цьому переслідуються багато цілей, найважливішими серед яких є поліпшення якості продукції, зниження енерговитрат, підвищення продуктивності праці. Удосконалювання йде як по шляху створення нових технологій і конструкцій станів так і за допомогою оптимізації режимів деформації на діючих агрегатах. Найважливіше значення має комплексна механізація й автоматизація виробничих процесів; саме за рахунок автоматизації забезпечується можливість значного підвищення точності й швидкості процесу. Для розрахунку параметрів деформації й керування процесами усе більш широко застосовуються ЕОМ.

Мета і задачі дослідження. Підвищення продуктивності ланцюгових волочильних станів моделі 2КМ30-9 підприємства ПАТ «Дніпроспецсталь»

Встановлено, що основними недоліками волочильного стану є низька стійкість шарнірного з'єднання елементів розвантажувального вузла та вузол кріплення ланцюгів до візка. Конструкція вузла не дозволяє компенсувати нерівномірну витяжку ланцюгів і бічні зсуви візка. У зв'язку із цим на рівні технічного проекту розроблені й запропоновані удосконалення щодо збільшення терміну служби вузлів і деталей що працюють у тяжких умовах динамічного й статичного навантаження.

Предмет дослідження – конструктивні параметри механізмів волочильного стану 2КМ30.

Об'єкт дослідження – вузол плашкового візка та системи ланцюгів.

Методи дослідження. Предметне моделювання – підбір та розрахунок пружин розтягіння в програмному комплексі АРМ WinMachine 9.7 в модулі Spring. Моделювання навантажень на пружину виконано в КОМПАС-3D за допомогою бібліотеки АРМ FEM.

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи доповідалися на XXV науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів Інженерного навчально-наукового інститут Запорізького національного університету (Запоріжжя, 2020 р.). Опубліковано 1 тези доповіді.

Структура та обсяг роботи. Випускна кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи включає 147 сторінки, у тому числі 122 сторінки основного тексту, 26 рисунків, 18 таблиць, 23 найменування використаних джерел на 2 сторінках, додатки на 9 сторінках.

Робота виконана на кафедрі металургійного обладнання Інженерного навчально-наукового інститут Запорізького національного університету.

1 Технологічна частина

1.1 Загальні відомості про підприємство

Приватне акціонерне товариство «Електрометалургійний завод «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ» ІМ. А.М. КУЗЬМІНА найбільше і єдине підприємство України по виробництву спеціальних сталей і сплавів [23].

Будучи підприємством з неповним металургійним циклом (виплавка металу виробляється в електродугових печах з використанням металевого лома, а не з використанням чавуну й руди як вихідних продуктів), ПАТ «Дніпроспецсталь», проте, має складну технологічну схему виробництва продукції, що містить у собі різні види виплавки та розливки металу, прокатки, волочіння, обробки готової металопродукції, способів контролю й атестації металу.

Історія заводу.

- створення заводу - 10 жовтня 1932 року;
- введені в експлуатацію три прокатні стани - 1933 рік;
- введено ковальський і термічний цех - квітень 1934 року;
- перша плавка у другому сталеплавильному цеху - 31 грудня 1935р.;
- відновлено сталеплавильний цех N 2 після ВВВ - 26 жовтня 1948р.;
- побудовано третій сталеплавильний цех з потужнішими 40-тонними електропечами - 1953 рік.;
- побудована перша в світі дослідно-промислова установка по електрошлаковому переплаву - травень 1958р.;
- у каліброваному цеху освоєне виробництво сталі зі спеціальною обробкою - 1965 р.;
- вступив у стрій новий цех - електрошлакового й вакуумно-дугового переплаву - електросталеплавильний цех N 5 - 1966 рік;
- почав випускати продукцію ковальсько-пресовий цех - 1972 р.;
- частина молотів ковальського цеху замінена радіально-кувальною машиною «РКМ - 1000» - 1980 р.;

- продовжено реконструкцію ковальського цеху з установкою «РКМ - 340» - 1982 р.;
- уперше в країні в СПЦ-2 пущений агрегат газокисневого рафінування сталі. Почато масова плавка нержавіючих сталей зі змістом вуглецю не більше 0.03% - 1987 р.;
- у СПЦ-3 силами заводу побудована установка піч - ковш для позапічного рафінування - 1990р.;
- введений в експлуатацію цех ад'юстажної обробки продукції - 2002р.

Основна продукція заводу - це високоякісні спеціальні, леговані, нержавіючі, інструментальні, жароміцні, шарикопідшипникові, швидкорізальні й інші сталі й сплави. За роки роботи освоєний випуск понад 800 марок сталей і 1000 профілеразмірів проката. На чотирьох прокатних станах виробляють круги діаметром і квадрати зі стороною від 8 до 300 міліметрів. Завод поставляє свою продукцію понад п'ять тисяч замовникам у країни СНГ і сьогодні вже до 70% поставок проката йде на експорт, у тому числі в США, Англію, Францію, Німеччину, Іспанію, Італію, Мексику, ПАР, Індонезію, Канаду та інші країни.

Відмінна риса «Дніпроспецсталі» - різноманітність сортаменту й виконання комплексних замовлень. Підприємство робить сортові прутки різних розмірів і профілів із застосуванням технологій прокатки, холодного волочіння. За бажанням клієнта сталь може бути оброблена у вакууматорі або печі-ковші. Для виплавки нержавіючої сталі використовується агрегат газокисневого рафінування. «Дніпроспецсталь» здійснює також електрошлаковий або вакуумно-дуговий переплав для поліпшення властивостей сталі. Якість продукції задовольняє вимогам стандартів ГОСТ, AISI, DIN, BS, JIS і ін. Підприємство сертифіковане по стандарті ISO 9001 товариством технічного нагляду TUV.

1.2 Сортамент продукції що випускається

«Дніпроспецсталь» має найширші можливості по випуску різних видів продукції зі спеціальної сталі. Застосовувані на заводі технології дозволяють одержувати високоякісні матеріали, що використовуються в найбільш відповідальних галузях промисловості - авіабудуванні, автомобілебудуванні, нафтохімічній промисловості. З металу випускають інструменти й запчастини, труби й підшипники, деталі машин і механізмів. У таблиці 1.1 наведено короткий каталог продукції заводу.

Таблиця 1.1 - Короткий каталог продукції заводу

Марка сталі	Країни СНД ГОСТ	Закордонні аналоги	
		Євронорми EN 10088-1 Германія (DIN 17440)	Аналоги в стандартах США (AISI/ASTM)
Сталь нержавіюча	03X18H9	X2CrNi18-9	-----
	03X17H12M2	X2CrNiMo17-12-2	316L
	08X17H12M2T	X6CrNiMoTi17-12-2	316Ti
	08X18H10T	X6CrNiTi18-10	321
	12X13	X12Cr13	410
	20X13	X20Cr13	420
	17X16H2	X17CrNi16-2	431
	40X13	X39Cr13	-----
Сталь інструментальна	B8A	C80W1	W108
	X12	X210Cr12	D3
	X12MФ	X155CrVMo12-1	D2
	9Г2Ф	90MnCrV8	ПРО2
	4X5MФС	X38CrMoV5-1	H11
	5XH2MФ	554x26Mo	-----
Сталь швидкорізальна	P6M 5-МП	S6-5-2	M2
	P6M5Ф 3-МП	S6-5-3	M3
	P2M10ДО 8- МП	S2-10-1-8	M42
	P2M 9-МП	S2-9-2	M7
Сталь підшипникова	ШХ15	100Cr6	52100
	ШХ15СГ	100CrMn6	A485 (2)
Сталь конструкційна	14ХН3М	14CrNiMo1-2-4	9310
	16ХГ	16MnCr5	5115
	17Г1С	S235J2G4	-----
	25ХМ	25CrMo4	4130
	34Х2Н2М	34CrNiMo6	4340
	42ХМ	42CrMo4	4140
	45	C45E	1045
	50ХГФ	50CrV4	6150

1.3 Технологія виробництва на ПАТ «Дніпроспецсталь»

У складі заводу працює більше 20 основних і допоміжних цехів, серед яких скрапороздільний, чотири сталеплавильних, прокатний, термічний, калібрувальний, ковальський, ковальсько - пресовий, порошкової металургії, інструментальний, контрольно - вимірювальних приладів, випробувань металопродукції й інші. На підприємстві активно працюють майже два десятки відділів і служб.

Етапи технологічного процесу:

1. Підготовка сировини.
2. Підготовка сирих матеріалів.
3. Феросплави.
4. ЕСПЦ № 1 (індукційна піч).
5. ЕСПЦ № 1 (дугова піч).
6. ЕСПЦ № 2 (дугова піч).
7. ЕСПЦ № 3 (дугова піч).
8. Виробництво інструментальної сталі методом порошкової металургії.
9. Агрегат газокисневого рафінування.
10. Установа « Піч-Ковш».
- 11.Вакууматор.
- 12.Розливання:
 - у сортові злитки вагою 1.0 т; 3.5 т; 4.3 т; 5.8 т; 7.4 т;
 - у листові 10-13 т; 9-13 т.
- 13.Електрошлаковий (ЕШП) і вакуумно-дуговий (ВДП) переплав.
- 14.Блюмінг.
- 15.Малодоходний на пресах.
- 16.Механізована малодоходний на молотах і радіально-кувальних машинах (РКМ).
- 17.Сортопрокатний стан «550».
- 18.Сортопрокатний стан «325».
19. Сортопрокатний стан «280».

20.Склад готової продукції.

21.Термічна обробка.

22.Калібрувальний цех.

23.Цех ад'юстажної обробки

Схема технологічного процесу наведена на рисунку 1.1.

Сталеплавильне виробництво представлено трьома електросталеплавильними цехами, оснащеними відкритими дуговими електрочадами місткістю від 10 до 60 тонн і однією індукційною піччю місткістю 10 тонн.

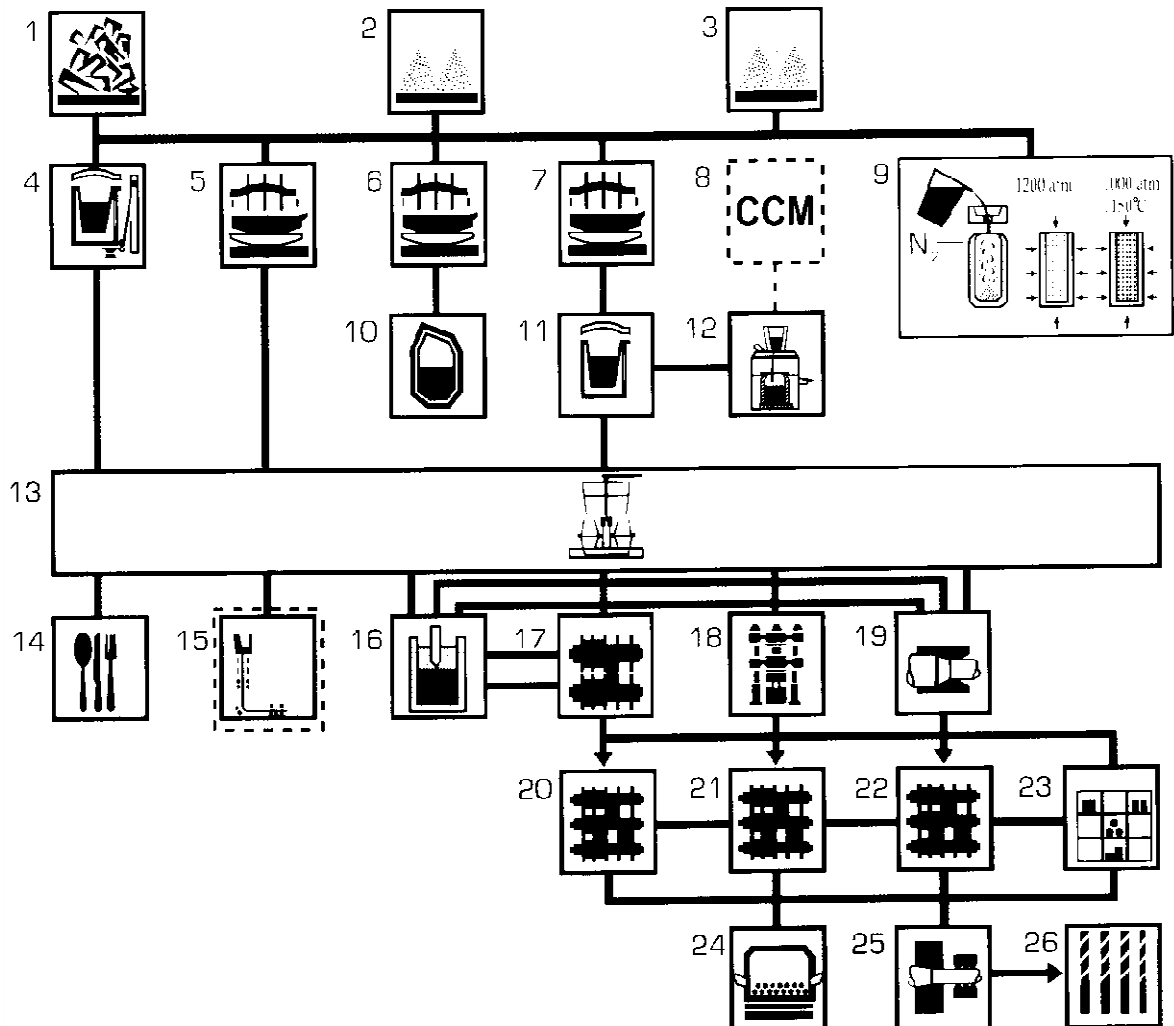


Рисунок.1.1 - Технологічний процес виробництва продукції на ДСС

Кожний зі сталеплавильних цехів спеціалізується на виплавці окремої групи сталей. Так СПЦ № 1 в основному виплавляє швидкоріжучі сталі, жаротривкі сталі й сплави й найбільш складні конструкційно-леговані інструментальні сталі. Розливання здійснюється в злитки вагою 1,2, 3,6 і 4,5т. У цеху є установка напівбезперервної розливки сталі для одержання електродів перетином 370х370мм для електрошлакового переплаву й круглих діаметром 405мм для вакуумно-дугового переплава.

Електросталеплавильний цех № 2 спеціалізується на виробництві всіх марок нержавіючих сталей. У цеху встановлений конвертор для аргоно-кисневої продувки нержавіючих сталей. У цьому цеху чотири 60-тонні електродугові печі, оснащені газоочищувальними установками з рукавними фільтрами. Цех відливає також листові злитки для комбінату "Запорозсталь". Виплавка нержавеючих корозійностійких сталей з низьким вмістом вуглецю здійснюється через газокисневий конвертер.

Електросталеплавильний цех № 3 призначено для виплавки підшипникових, ресорно-пружинних, легованих конструкційних і вуглецевих інструментальних і конструкційних сталей. У цеху працюють сім 60-тонних електродугових печей. Позапічне доведення сталі провадиться в агрегаті "підковш" італійської фірми "Даніелі", що пущена в експлуатацію в травні 1996р. Висока якість сталей, вузькі межі й сталість їх хімічного складу забезпечуються обробкою напівпродукта, отриманого в дуговій печі, на установці "підковш". 3 грудня 1998 роки в цьому цеху введений в експлуатацію агрегат для вакуумування рідкої сталі - вакууматор німецької фірми "Маннесман-Демаг".

Сталеплавильний цех № 5 - цех електрошлакового й вакуумно-дугового переплава оснащений печами ЕШП і ВДП різної ємкості. Тут виплавляються сортові злитки вагою 3,5-4,5т, листові злитки до 20т і вакуумні 5,5 і 6,5т. Вакуумні злитки проходять переробку у ковальсько-пресовому цеху, електрошлакові - на блюмінгу, листові - прокатують на комбінаті "Азовсталь" на товстий суднобудівельний лист.

З 1980р. працює цех по виробництву швидкоріжучої сталі методом

порошкової металургії. Застосування у виробництві методу холодного ізостатичного, а потім горячого пресування при температурі 1100-1150 градусів і тиску 1000 атмосфер дозволяє одержати метал з однородною структурою без слідів карбідної сітки. В індукційній печі цеху освоєне виробництво круглих злитків діаметром 500мм масою 2т. Сортамент продукції: кування круглого перетину діаметром 80-350мм, металопрокат діаметром 20-70мм.

Завод "Дніпроспецсталь" спеціалізується на виробництві проката й кувань, холоднотягнутої сталі й сталі зі спеціальною обробкою поверхні. У прокатном цеху працює обтискної стан "1050" і три сортових стана - "550", "325" і "280". Прокатка злитків, що надходять у горячому або холодному стані масою від 2,8 до 4,5 тонн на заготівку для сортових станів, а також на сортової прокат діаметром 130-250мм, здійснювалася на стані "950". У липні 1998 року проведена його реконструкція із заміною клітей і збільшенням діаметра валків. Така реконструкція дозволить освоїти виробництво прокату крупного сорта діаметром і зі стороною до 380мм.

На сортових станах виготовляється по інтенсивних схемах і найбільш оптимальним калібровкам широкий сортамент проката: круглого й квадратного перетину діаметром від 8 до 130мм, а також смугового перетину, у тому числі з параболічною кромкою.

Ковальсько-пресовий цех обладнано гідравлічними пресами з номінальним зусиллям 6000 і 3200 тонн. Преса оснащені маніпуляторами вантажопідємністю 10 і 5 тон. Сортамент продукції: кування круглого й квадратного перетину розмірами від 200 до 500мм, сляби розміром 120-300x300-800мм і шайби діаметром від 400 до 1100мм.

Ковальський цех спеціалізується на виробництві легованих інструментальних, швидкоріжучих і нержавіючих сталей, жаротривких сплавів. У цеху встановлені дві радіально-кувальні машини РКМ-1000 і РКМ-340 (австрійського виробництва) і сім пневматичних молотів з масою падаючих частин від 1 до 5т. Сортамент продукції: сорт круглого й квадратного перетину розміром 45-180мм, смуги 25-55x75-100мм і 60-100-250мм.

Калибрувальний цех призначено для одержання холоднотягнутої каліброваної сталі діаметром 10-30мм і сталі-"серебрянки" зі спеціальною обробкою поверхні діаметром від 1,5 до 9мм.

1.4 Характеристика механічного устаткування калібрувального цеху

Загальні відомості

Новий напрямок у розвитку виробництва на заводі пов'язане з пуском калібрувального цеху. Розвиток машинобудування в країні, поява верстатів-автоматів, верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПУ) зажадало від металургів не тільки якісного прокату, але й прокату з найвищою точністю розмірів, обчислювальної частками міліметрів. Цій вимозі відповідала калібрована сталь, для виробництва якої й був побудований на заводі новий цех.

Офіційна дата пуску калібрувального цеху - 7 березня 1957 року.

В 1964 році в каліброваному цеху уведена в дію перша черга розширення цеху потужністю 11,5 тис. тонн. У березні 1965 року в каліброваному цеху пущене відділення «серебрянки», а в листопаді того ж року уведена в дію друга черга калібрувального цеху потужністю 8,5 тисяч тонн.

Зараз в калібрувальному цеху установлені токарно-обдирні верстати, які дозволили змінити технологію виготовлення продукції з нержавіючих марок сталі, і стабілізувати виконання замовлень по даній продукції. Освоєння технології попереднього купорошіння шарикопідшипникової сталі, перед відпалом, забезпечило одержання металу без знеуглецьованого шару. Це дало можливість збільшити випуск шарикопідшипникової сталі, виключило багато трудомістких операцій. А введення автоматичних ліній неруйнуючого контролю різко поліпшило якість продукції, що відвантажується споживачам, полегшило працю контролерів і сортувальників металу.

Вперше на Україні освоєне виготовлення швидкорізальної, нержавіючої, інструментальної «серебрянки». Ці нововведення дозволили при значному зростанні виробництва зменшити число працюючих у цеху.

Калібрувальний цех призначений для одержання холоднотягнутої сталі, діаметром 10-30 мм і сталі зі спеціальною обробкою поверхні діаметром 1.5-9.0 мм. Цех робить також холоднотянутий зварювальний дріт діаметром від 2 до 5 мм із легованої й високолегованої сталі за ГОСТ 2256-70 для зварювання й наплавлення. Також виробляється сталь у прутках круглого, шестигранного профілю, калібровані бунти круглого профілю й «серебрянку» круглого профілю.

Калібрування прутків провадиться на ланцюгових волочильних станах зусиллям 15-50 тонн, а також на бунтоволочильних станах.

Підкат для калібрування надходить зі станів «325» і «280» прокатного цеху.

Волочіння важкодеформованих сталей (швидкорізальних, високохромістих і ін.) виробляється на спеціальних станах, оснащених високочастотними установками для проміжного підігріву металу.

Термообробка металу здійснюється в колпакових газових і електричних печах із застосуванням захисної атмосфери, а також установок високочастотного нагрівання.

Обробка металу виконується на високопродуктивних верстатах фірми «Кизерлінг», а також на вітчизняних автоматизованих лініях.

Цех оснащений високоефективними засобами неруйнуючого контролю металу на наявність поверхневих дефектів, у т.ч. дефектоскопом фірми «Фестер».

Короткий опис технологічного процесу виробництва каліброваної сталі

1. Термічна обробка (при необхідності) проводиться в газових печах(ГКП) у суміші захисного газу й природного газу в співвідношенні 10:1 або в окисній атмосфері.

2. Виправлення (прутків) здійснюються на роликкових косовалкових правильних машинах 11х320, 7х700, 9х300.

3. Травлення й нанесення підзмащувального покриття проводиться в спеціальних ваннах у сірчаноокислому або кислотно-сольовому розчині (залежно від марки сталі). Потім метал промивається в проточній воді й нейтралізується або на поверхні металу після промивання наноситься вапняно-сольове покриття. Метал сушиться.

4. Гостріння кінців (при необхідності) проводиться на вальцеобтискних станах. Гостріння кінців на бунтах роблять на гострильних машинах.

5. Виробництво каліброваних прутків роблять способом волочіння, шліфування або обточування.

Волочінням називають спосіб обробки металу тиском, при якому довгомірна заготовка постійного перетину протягується через канал волочильного інструмента (волоки), приймаючи форму й розміри найменшого перетину каналу.

Волочіння заготовок ведуть як у нагрітому, так і в холодному стані. Велике поширення одержав спосіб холодного волочіння. Холодне волочіння прутків з використанням якісного твердосплавного інструмента й високих сортів технологічних змащень дозволяє одержувати готові вироби з точними розмірами поперечного перерізу й гладкою поверхнею

Волочіння в цеху проводять на станах 2КМ15-9, 2КМ30-9, 2КМ50-9.

Шліфування проводять на безцентрово-шліфувальних верстатах.

Обточування й виправлення-полірування - на станах фірми «КІЗЕРЛІНГ».

6. Виробництво каліброваних бунтів здійснюється на бунтових волочильних станах 1/750, 1/800, 1/700, 1/550 і теплим волочінням на бунтових волочильних станах 1/700 і 1/550 з нагріванням струмами високої частоти на установках моделі ЛЗ-107, ЛЗ-167.

7. Виробництво каліброваної сталі з бунта в пруток - на лініях 2КЛ-40, П-68.

8. Виправлення каліброваних прутків здійснюється на устаткуванні, зазначеному в п.2.

9. Різання гострих і дефектних кінців прутків, а також каліброваної сталі проводиться на механічних пресах КБ-245, ножицях Н-514 і обрізних станах.

10. Рекристалізаційний відпал (при необхідності) проводять на установках індукційного нагрівання ТВЧ-1, ТВЧ-2.

11. Приймання металу ОТК.

12. Упаковування.

13. Промаслення (консервація).

14. Складування готової продукції.

Основне й допоміжне устаткування цеху

У калібрувальному цеху заводу «Дніпроспецсталь» є різноманітне устаткування основне й допоміжне, підйомно-транспортне устаткування. У таблиці 1.2 наведене устаткування (коротко), що бере участь у технологічному процесі калібрувального цеху з його короткою технічною характеристикою.

Стани волочильні

Робочі лінії каліброваних станів призначені для волочіння прутків круглого, квадратного й шестигранного профілю із чорних і кольорових металів і сплавів.

Стани дозволяють одночасно волочити один, два або три прутки. Конструктивно стани виконують по дволанцюговій схемі з Г-образними стійками робочого стола й бічною видачею каліброваних прутків у кишені.

Прутки надходять на обробку за допомогою кранів і візків.

Таблиця 1.2 - Устаткування калібрувального цеху заводу «Дніпроспецсталь»

№ п/п	Найменування (виробник)	Кіл.	Характеристика
1	Електропіч колпакова ОКБ-4026	11	$N=130$ кВт, $t^{\circ}=760^{\circ}\text{C}$, $P=67$ кг/год
2	Двостендова колпакова газова піч	8	$N=24$ кВт, $P=0,5$ т/година
3	Трьохстендова колпакова газова піч	4	$N=34$ кВт, $\varnothing\text{Me}=11-22$ мм, $t^{\circ}\leq 800^{\circ}\text{C}$
4	Сортоправильна 9-роликів машина 9х300	1	$N=39$ кВт, $d_{\text{ролика}}=300$ мм, $G_M=11,2$ т
5	Роликів правильна машина 11х320	1	$N=101$ кВт, $V=1,14-2,25$ м/с, $\varnothing\text{Me}=8-45$ мм
6	Роликів правильна машина (СКМЗ) 7х700 №2	2	$N=39$ кВт, $\varnothing\text{Me}=25-80$ мм, $V=0,6-1,6$ м/с
7	Вальцеобтискний стан (АЗТМ)	1	$N_{\text{ел.двиг.}}=14$ кВт, $d_{\text{валка}}=120$, $\varnothing\text{Me}=10-17$ мм
8	Вальцеобтискний стан («Красний октябрь»)	1	$N_{\text{ел.двиг.}}=20$ кВт, $d_{\text{валка}}=230$, $\varnothing\text{Me}=17-32$ мм
9	Волочильний стан 2КМ15-9 (Техмаш)	1	$F_{\text{волоч.}}=1,5$ кН, $N=55$ кВт, $d_{\text{загот.}}=17-42$, $V=12-100$ м/с
10	Волочильний стан 2КМ30-9 (ИЗТМ)	1	$F_{\text{волоч.}}=3,0$ кН, $N=315$ кВт, $d_{\text{загот.}}=17-42$
11	Бухтовий волочильний стан В - 1/750 (АЗТМ)	1	$N=110$ кВт, $\varnothing\text{Me}=12-20$ мм, $G_M=14,73$ т
12	Автоматична лінія 2КЛ41А	1	$N=232$ кВт, $\varnothing\text{Me}=5-15$ мм, $\varnothing\text{бунта}=530-1200$ мм
13	Лінія 2КЛ40	1	$N_{\Sigma}=400$ кВт, $\varnothing\text{Me}=5-15$ мм, $G_M=70$ т
14	Лінія П-68	1	$N=129$ кВт, $d_{\text{загот.}}=6-20$ мм, $l_{\text{min.}}=2$ м
15	Прес кривошипний одностоечний механічний КБ-245	2	$F_{\text{резки}}=63$ т, $N=7,0$ кВт, $G_M=6,04$ т
16	Установка індукційного нагрівання ТВЧ-1 (3-х індукторна)	1	$N=2,2$ кВт, $t^{\circ}=680-720^{\circ}\text{C}$, $d_{\text{виробу}}=9-22$ мм
17	Установка індукційного нагрівання ТВЧ-2 (7-и індукторна)	1	$N=2,4$ кВт, $t^{\circ}=680-760^{\circ}\text{C}$, $d_{\text{виробу}}=10-25$ мм
18	Кран мостовий №240	6	$Q=5$ т, $L=144$, $B=28$, $H=10$ м
19	Кран мостовий №241	4	$Q=30$ т, $L=144$, $B=28$, $H=12$ м
20	Кран мостовий №243	3	$Q=10$ т, $L=36$, $B=28$, $H=12$ м
22	Кран мостовий №245	3	$Q=5$ т, $L=108$, $B=28,5$, $H=10$ м

Зведемо технічну характеристику станів у таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 - Технічна характеристика станів волочильних

Характеристика стана	Значення		
	2KM15-9	2KM30-9	2KM50-9
1. Найбільша сила волочіння(розрахункова), кН	150	300	500
2. Найбільша сила проштовхування, кН	270	450	750
3. Швидкість волочіння при розрахунковій силі, м/хв	55	50	30
4. Найбільша швидкість волочіння, м/хв	100	90	70
5. Швидкість повернення візка, м/хв	110	90	70
6. Зміна швидкості волочіння	плавне, починаючи з нуля		
7. Кількість одночасно волочимих прутків	1...3	1...3	1...3
8. Діаметр прутків до волочіння, мм	17...42	21...52	32...72
9. Діаметр прутків після волочіння, мм	16...40	20...50	30...70
10. Найбільша довжина прутків після волочіння, м	9	9	9
11. Довжина заготовки, м	2,5 - 8	2,5 - 8	2,5 - 8
12. Габарити стана			
довжина, м	15,12	15,47	16
ширина, м	4,4	4,9	4,63
висота, м	1,5	1,5	1,71
13. Габарити стана із ПРУ			
довжина, м	24,5	24,9	27,2
ширина, м	4,5	4,9	5,7
висота, м	2,0	2,0	2,0

Робота стана розрахована на напівавтоматичне керування й ручне. При напівавтоматичному режимі керування операціями забезпечується електроблокуванням. Ручне керування здійснюється оператором з пульта керування.

Для забезпечення нормальної роботи вузлів стана повинні виконуватися наступні умови:

- допускаєма кривизна заготовки не більше 5 мм на 1 м.п;
- загальна кривизна не повинна перевищувати множень допустимої кривизни одного погонного метра на довжину заготовки;

На стані передбачається виконання наступних операцій:

- підготовка захвата для волочіння прутків;
- волочіння прутків;
- самоскидання прутків у кишені.

Прутки подані рольгангом ПРУ(або вручну) у волоки проштовхуються через них гідропроштовхувачем, забезпечуючи вихід кінців за межі дошки волок на 90 мм.

Включенням головного привода плавно без ударів підводиться плашковий візок, який захоплює плашками кінці заготовки, що виступили.

Потім головний привод реверсується, починається волочіння. Калібровані прутки подають на зовнішні склізи й скидаються в кишені.

1.5 «Вузькі місця» калібрувального цеху й заходу щодо їх усунення

Більш продуктивна робота калібрувального цеху обмежена деякими недоліками.

1. Недостатня продуктивність механізмів для подачі прокату до місць його обробки (крани, талі, візки).

2. Високий ступінь зношеності й моральної старості основного устаткування: волочіння, правління, шліфування, що позначається на продуктивності, періодичності ремонтів, умовах роботи персоналу й ступенях забруднення робочих зон.

3. Низьким ступенем роботи засобів для збирання відходів виробництв, що позначається на зменшенні вільного простору цеху.

4. Малими площами для складування продукції.

До одного з «вузьких місць» калібрувального цеху можна віднести волочильні стани типу 2KM15-9, 2KM30-9, 2KM50-9, які однакові по конструкції й принципу роботи, тобто мають однакові проблеми в конструкції, що впливають на технологічний процес і надійність устаткування. Стани мають у вузлі кишень змінної ємкості шарнірні з'єднання. Складність доступу

до шарнірів утруднює огляд, профілактику й ремонт вузла кишень, а значить і ремонт всієї машини.

Ще одним вузьким місцем волочильних станів даної конструкції є вузол кріплення ланцюгів до візка. Конструкція вузла не дозволяє компенсувати нерівномірну витяжку ланцюгів і бічні зсуви візка, що виникають при волочінні крайньої нитки у випадку обриву або незахвата середнього прутка.

2 Розрахункова частина

2.1. Основні типи й конструктивні особливості станів прямолінійного волочіння

Волочіння прутків з довгомірних заготовок здійснюють на станах прямолінійного волочіння [2]. По характеру й циклу роботи стани прямолінійного волочіння можна розділити на:

- періодичні,
- напівбезперервні;
- безперервні.

Найбільше поширення одержали стани прямолінійного волочіння періодичної дії. Конструкції цих станів залежать від способів волочіння, схеми додатка тягового зусилля й типу привода.

Відомі ланцюговий, гідравлічний і канатний типи приводів станів прямолінійного волочіння.

Більшість моделей станів періодичної дії будують на одночасне протягання декількох виробів (багатониточні) з одно- і дволанцюговим приводом.

Одноланцюгові волочильні стани - виготовляються із зусиллям волочіння 2 - 5000 кН.

На зміну одноланцюговим прийшли дволанцюгові волочильні стани, що мають ряд переваг перед одноланцюговими. Дволанцюгові стани надійніше одноланцюгових, тому що в їх конструкції відсутні такі слабкі ланки, як механізми скидання готових виробів і повернення волочильного візка.

Рейкові стани виготовляють у двох виконаннях: зі стаціонарним приводом і приводом, встановленим на волочильному візку (із самохідними візками).

У станах зі стаціонарним приводом рейка закріплена на візку. Такі стани працюють реверсивно й найчастіше двосторонньої дії, тобто волочіння ведеться при русі візка в обох напрямках. Ці стани призначені для волочіння профілів більших перетинів і для одночасного волочіння декількох виробів.

У станах із самохідними волочильними візками привод у вигляді мотор-редуктора змонтований на візку, а рейки закріплені на рамі робочого стола. Стани із самохідними візками однобічної дії мають меншу продуктивність, чим рейкові стани зі стаціонарним приводом. Проте їхня конструкція має ряд переваг перед одноланцюговими станами. На цих станах можна вести волочіння більше довгих прутків (до 50 м), тобто майже в 5 разів більше чим на ланцюгових станах старих моделей. При такій корисній довжині з'являється можливість застосовувати більші швидкості волочіння. Зусилля волочіння таких станів не перевищує 50-60 кН, тому що встановлення електроприводів великої потужності на рухливому візку пов'язано з рядом труднощів [3]. Рейкові стани поширені менше, ніж дволанцюгові.

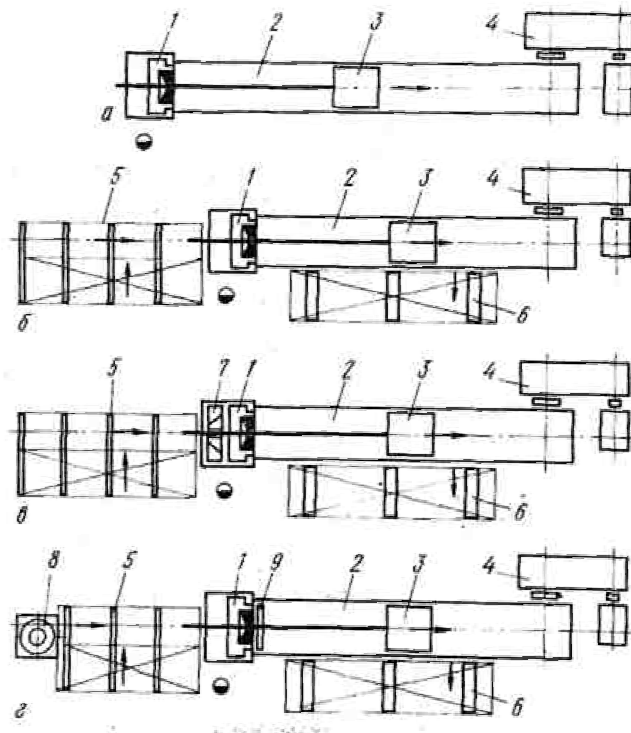
Волочильні стани з гідравлічним приводом поки ще не одержали масового поширення. Більшість запатентованих конструкцій ще не розроблені, деякі перебувають у стадії проектування.

В останні роки створені волочильні механізовані стани з канатним приводом (одне- і двохканатні) від лебідки. Візок переміщається по монорейці або по бічних направляючих. Вибір схем передачі тягового зусилля й привода стана пов'язаний з динамікою процесу волочіння й у підсумку з якістю одержуваних на стані виробів. Тому там, де потрібно особливо висока точність геометрії профілю і чистота поверхні, застосовуються стани із приводами, що дозволяють вести процес волочіння з малими прискореннями й рівномірним, стабільним навантаженням. Це стани з гідравлічними й канатними приводами.

Схеми станів періодичної дії

Немеханізований стан з ручним завантаженням і видачею готових виробів (рис. 2.1, *a*) складається тільки з робочої лінії, що включає стійку волок, робочий стіл, візок і головний привод [2].

Стани, скомпоновані по схемах, представленим на рис. 2.1, б, з, механізовані й мають у складі устаткування приймально-розбірний пристрій і кишені для готових виробів. Деякі стани оснащені прошовхувачем заготовок у волоку (рис. 2.1, в). Стани періодичної дії часто оснащують пристроями для волочіння бухтової заготовки й ножицями для різання протягнутих труб і прутків на мірні довжини (рис. 2.1, г). Такі стани стають універсальними, що дозволяє розширити діапазон їхнього використання.



1 - стійка волок; 2- робочий стіл; 3- візок; 4- головний привод; 5 - приймально-розбірний пристрій; 6 - кишені для готових виробів; 7- прошовхувач; 8- барабан, що віддає; 9 - ножиці

Рисунок 2.1. Схеми станів періодичної дії для волочіння прутків:

Як вже відзначалось, стани прямолінійного волочіння періодичної дії для виробництва довгомірних прутків з кінцевих заготовок залишаються дотепер основним видом технологічного устаткування калібрувальних цехів.

У табл. 2.1 наведені технічні характеристики сучасних ланцюгових станів для волочіння прутків, що випускаються закордонними фірмами.

Стани фірм „Heinrich Rau“, „Sundviger“, „Norton“ і „Cepel“ (по ліцензії фірми „Kieserling“) - триниткові з високими швидкостями волочіння [2]. Головні приводи цих станів виконуються у двох варіантах: від двигуна постійного струму з машинними й тиристорними перетворювачами струму, і від двигунів змінного струму з використанням коробок швидкостей. Робочі столи виготовляють секційними, що дозволяє довжину виробів погоджувати із замовником. Введення до складу устаткування станів пристроїв для контролю виходу готових виробів з волок і висока надійність основних і допоміжних механізмів забезпечують можливість роботи станів у напівавтоматичному режимі. Деякі моделі станів фірм „Kieserling“ і „Cepel“ обладнаються механізмами роздільної видачі прутків, що дозволяє вбудовувати багатониткові стани в потокові лінії.

Таблиця 2.1 Технічні характеристики закордонних трьохниточних ланцюгових станів для волочіння прутків

Параметр	Стани із зусиллям волочіння , кН											
	„Heinrich Rau“ (Німеччина)		„Sundviger“ (Німеччина)			„Norton“ (Великобританія)			„Cepel“ (Угорщина)			
	160	160	160	315	500	150	300	450	125	200	320	500
Розрахункова швидкість волочіння, м/с	0,42	0,42	0,67	0,5	0,5	0,35	0,67	0,2	0,75	0,48	0,77	0,4
Швидкість повернення візка, м/с	2	2	-	-	-	2	1,7	1,7	2,3	2	1	
Найбільший діаметр готового прутка, мм	50	30	45	65	90	38	63	76	-	50	70	76
Довжина волочіння, м	8	8	За узгодженням із замовником			15	15	15	6-30	-	6-30	6-30
Потужність головного привода, кВт .	65-112	88	130	200	-	150	250	200	130	140	350	280

Високопродуктивний автоматизований тринитковий волочильний стан із прямолінійним рухом металу призначений для холодного калібрування сталевих прутків діаметром 44,5-82,5 мм і довжиною до 15 м виготовлений

фірмою „Norton" (Великобританія) [6]. Після механічного очищення поверхні від окалини й забруднень прутки по передатних рольгангах направляються в накопичувач. Тефлонове покриття роликів рольгангів знижує рівень шуму й охороняє поверхню прутків від дефектів. З метою забезпечення постійної кількості прутків у накопичувачі передбачений регулюючий пристрій. При зусиллі волочіння 450 кН стан може працювати в наступних трьох режимах: одночасне волочіння трьох прутків діаметром 44,5; двох прутків діаметром 44,5-63,5 мм; одного прутка діаметром понад 63,5 мм. Протягнені прутки ріжуть на ножицях на мірні довжини, а потім вони надходять у правильну машину, за якою розташовані пристрої неруйнуючого контролю.

Стани напівбезперервної й безперервної дії

Основним елементом напівбезперервних волочильних станів є каретки жорстко закріплені на тягових ланцюгах. Каретки рухаються по замкнутому контурі, при цьому волочіння здійснюватися або на нижньому або на верхньому ярусі [2].

Стани безперервної дії можна розділити на два типи: прямолінійного волочіння й барабанні. Безперервні стани прямолінійного волочіння по способу захвата виробу розділяються на дві групи:

- стани тракового типу, у яких виріб захоплюється спеціальними елементами - траками, закріпленими шарнірно на двох нескінченних ланцюгах з нереверсивним приводом. Такі стани називають іноді станами гусеничного типу. Продуктивність станів цього типу приблизно в чотири рази вище, ніж у порівнянних з ними ланцюгових станів періодичної дії.;

- стани каретного типу, де виріб захоплюється клиновими плашками, укладеними в корпусі каретки, що рухається. У цих станах, коли одна з кареток виконує процес волочіння, інша - холостий хід, зі швидкістю, більшої, ніж швидкість волочіння, доходить до ближнього положення, реверсується, розганяє до номінальної швидкості й захоплює виріб. Після цього швидкість каретки, що здійснювала волочіння, знижується, вона

вертається у вихідне положення й далі цикл волочіння з перехопленням виробу каретками повторюється.

Найбільшою продуктивністю серед розглянутих волочильних станів прямолінійного типу мають стани безперервної дії. Установлений у каліброваному цеху волочильний стан 2КМ30 - 9 відноситься до станів прямолінійного типу періодичної дії із дволанцюговим приводом.

2.2 Огляд і аналіз конструкції волочильного стану 2КМ30 - 9

Робочі лінії калібрувальних станів призначені для волочіння прутків круглого, квадратного й шестигранного профілю із чорних і кольорових металів і сплавів.

Стани дозволяють одночасно волочити один, два або три прутки. Конструктивно стани виконують по дволанцюговій схемі з Г-образними стійками робочого стола й бічною видачею калібрувальних прутків у кишені. Технічна характеристика станів наведена в таблиці 2.2.

Робота стану розрахована на напівавтоматичне керування й ручне. При напівавтоматичному режимі керування операціями забезпечується електроблокування. Ручне керування здійснюється оператором з пульта керування.

Для забезпечення нормальної роботи вузлів стану повинні виконуватися наступні умови:

- допускається кривизна заготовки не більше 5 мм на 1 м.п.

На стані передбачається виконання наступних операцій:

- підготовка захватки для волочіння прутків;
- волочіння прутків;
- самоскидання прутків у кишені.

Таблиця 2.2 - Технічна характеристика волочильних станів

Характеристика стана	Значення		
	2KM15-9	2KM30-9	2KM50-9
1. Найбільша сила волочіння(розрахункова), кН	150	300	500
2. Найбільша сила прошовхування, кН	270	450	750
3. Швидкість волочіння при розрахунковій силі, м/хв	55	50	30
4. Найбільша швидкість волочіння, м/хв	100	90	70
5. Швидкість повернення візка, м/хв	110	90	70
6. Зміна швидкості волочіння	плавне починаючи з нуля		
7. Кількість одночасно волочимих прутків	1...3...3	1...3...3	1...3...3
8. Діаметр прутків до волочіння, мм	17...42...42	21...52...52	32...72...72
9. Діаметр прутків після волочіння, мм	16...40...40	20...50...50	30...70...70
10. Найбільша довжина прутків після волочіння, м	9	9	9
11. Довжина заготівки, м	2,5 - 8	2,5 - 8	2,5 - 8
12. Габарити стана довжина, м ширина, м висота, м	15,12 4,4 1,5	15,47 4,9 1,5	16 4,63 1,71
13. Габарити стана із ПРУ довжина, м ширина, м висота, м	24,5 4,5 2,0	24,9 4,9 2,0	27,2 5,7 2,0

Стан забезпечує волочіння прутків у наступних діапазонах діаметрів (табл.2.3).

Таблиця 2.3 - Діапазон волочимих діаметрів заготівок.

Кількість волочимих прутків	Діапазон діаметрів, мм		
	2KM15-9	2KM30-9	2KM50-9
У три нитки (прутка)	16...22...22	20...30...30	30...40...40
У дві нитки (прутка)	22...30...30	30...40...40	40...60...60
В одну нитку (прутка)	30...40...40	40...50...50	60...70...70

Прутки подані рольгангом ПРУ(або вручну) у волоки проштовхуються через них гідропроштовхувачем, забезпечуючи вихід кінців за межі дошки волок на 90 мм.

Головний привод плавно без ударів підводить візок, захоплює плашками кінці заготовок.

Потім головний привод реверсується починається волочіння. Калібровані прутки подають на зовнішні сковзала й скидаються в кишені.

Стан волочильний 2КМ30-9 складається з наступних основних вузлів:

1. Гідропроштовхувач
2. Стіл
3. Привод головний
4. Візок плашковий
5. Ланцюг тягова
6. Кишені змінної місткості
7. Гідрокерування
8. Технологічне змащення
9. Пневмоуправління

Гідропроштовхувач

Гідропроштовхувач призначений для захвата та проштовхування прутка безпосередньо на стані.

Гідропроштовхувач (рисунок 2.2) складається зі звареного корпусу 1, у якому по циліндричним направляючим 2 переміщається каретка 3, що приводиться в рух двома гідроциліндрами 4. У каретку убудовані три пневмоциліндра 5, що приводять у рух тримачі 6 зі змінними плашками 7. Живлення пневмоциліндра здійснюється через отвори в корпусі каретки. У корпусі гідропроштовхувача встановлюється дошка волок 8, що має три отвори, у які встановлені стакани 9.

У стаканах установлюються змінні волоки, змінні маслопідводящі кільця 10, та направляючі воронки 11. Стакани дозволяють регулювати

установку волоки при настроюванні для зменшення кривизни прутка після волочіння. Набір змінних деталей у стакані закривається кришкою 12. Стакани втримуються в дошці волок трьома шпильками.

У корпусі гідропрошовхувача змонтовані чотири зірочки для підтримки й направлення ланцюга повернення. Для натягу ланцюга змонтований натяжний пристрій 15 із пружинним амортизатором.

З боку робочого стола до корпусу приварена ванна для скидання технологічного змащення. З боку приймально-розвантажувального пристрою в корпусі встановлені регульовані ролики 14 для направлення прутків у волоки.

При настроюванні гідропрошовхувача підбор змінних деталей рекомендується призводити відповідно до даних у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Діапазон змінних деталей гідропрошовхувача, мм

Волоки	Змащувальне кільце,	Воронки	Плашки
По технологічній карті	38...50	18...25	18...22
		32...38	28...40
		25...32	20...28
	13...38	32...50	40...50

Вихідне положення каретки - у крайнім положенні до гідроциліндрів з розкритими плашками.

Заготівка через каретку подається до упору у волоку. Включенням пневмоциліндра здійснюється захват заготівки плашками, потім гідроциліндри штовхають каретку в напрямку дошки волок(прямий хід гідроциліндра), тим самим здійснюється прошовхування прутка через волоку. Після цього одночасно плашки звільняють пруток, а каретка гідроциліндра вертається у вихідну позицію (зворотний хід).

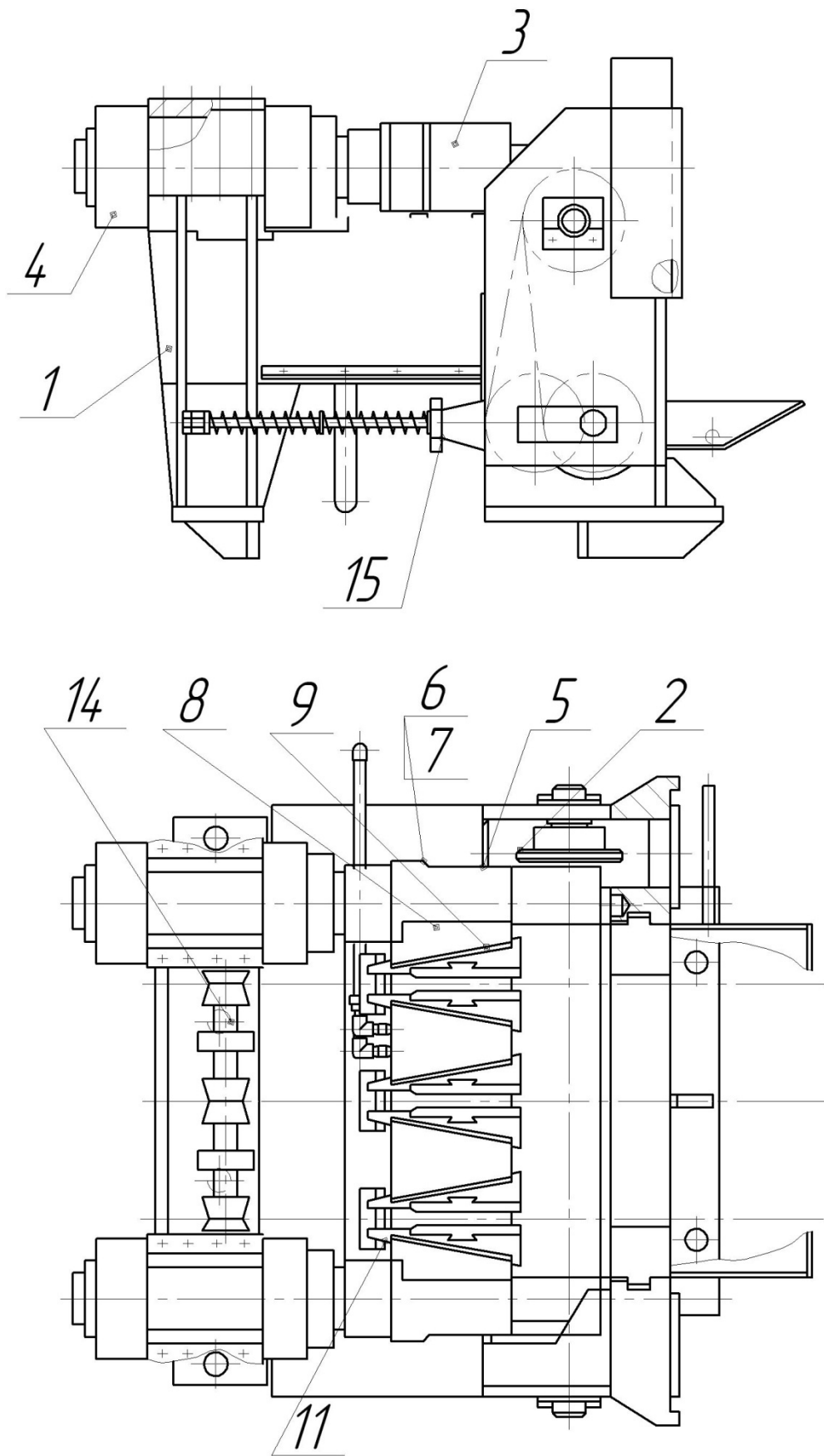


Рисунок 2.2 - Гідропротівувач на стані 2KM30-9

При роботі стана в одну або дві нитки у вільні плашки закладають відрізки прутків діаметром 50 - 60 мм. Також поступають у випадку, коли треба доштовхнути один із прутків при тринитковому волочінні.

При волочінні технологічне змащення рясно подається на пруток з отворів маслоподводящих кілець, і надлишки стікають у корпус гідропроштовхувача, внутрішній обсяг якого є резервуаром. З резервуара через патрубок стікає в бак технологічного змащення.

Стіл робочий і кишені змінної місткості

Стіл робочий - станина машини по який переміщається плашковий візок з ланцюгами й сприймає навантаження при волочінні.

Стійки Г - образної конструкції встановлені на фундаменті. До стійок кріпляться направляючі балки. По балках переміщується візок плашковий й тягові ланцюги. У направляючих з боку головного привода є вирізи для установки на катки плашкового візка. Балки робочого стола кріпляться до корпусу гідропроштовхувача й корпусу ведучих зірочок. Між стійками змонтовані постіль під нижню ветвь тягового ланцюга й похилі сковзала.

Сковзала - зварені ґрати зі швелера. У швелери закладена гума для гасіння шуму при падінні прутків після волочіння.

Уздовж робочого стола, під готові прутки, установлені кишені змінної місткості. На початку роботи кишені підняті. По мірі заповнення прутками, оператор поступово стравлює рідину з навантаженої порожнини гідроциліндра.

Привод головний

Призначений для створення зусилля волочіння й передачу його через ланцюги на плашковий візок.

Привод головний складається з електродвигуна 1, редуктора 2, установки ведучих зірочок 3 (рисунок 2.3).

В установку ведучих зірочок на підшипниках кочення змонтований вал із провідними зірочками. У нижній частині корпусу змонтовані напрямні

ланцюги й отсікачі, що виключають підмотування ланцюга на зірочку. До корпусу прикріплений кронштейн, на якому встановлений командоапарат з лічильником метражу.

Характеристика головного привода наведена в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Характеристика головного привода стана 2КМ30-9

Характеристика	Електродвигун	Редуктор
Тип	П2П-500-145-8В4	ЦДН-710-14
Потужність, кВт	315	332
Передаточне число	-	19,922
Число обертів, об/хв	600 – 1000	$n_6=996$ $n_1=494$
К.К.Д.	-	0,97
Міжцентрова відстань, мм	1460	

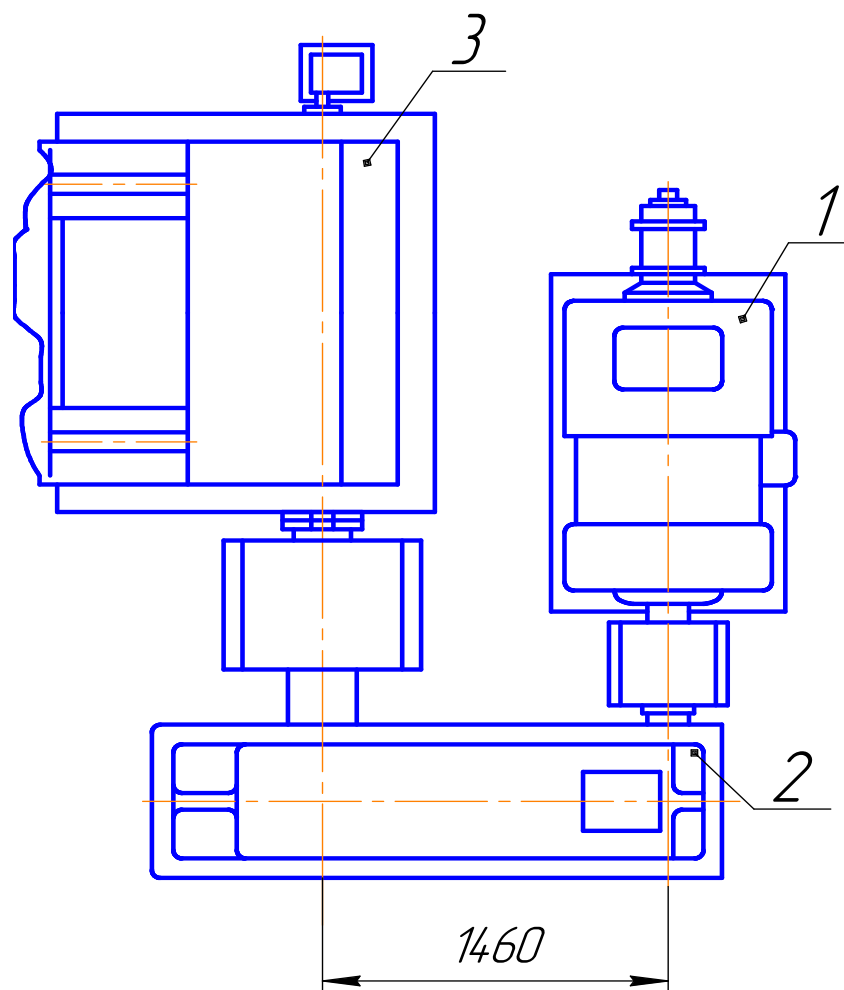


Рисунок 2.3 - Головний привід волочильного стана 2КМ30-9

Візок плашковий

Візок плашковий (рисунок 2.4) забезпечує автоматичний захват кінців заготівок, волочіння, автоматичне звільнення прутка по закінченні процесу волочіння.

До корпусу 1 кріпиться головка 2 з набором робочого інструмента 4. Робочий інструмент приводиться в рух пневмоциліндром 3 через штовхач 5. У корпусі встановлені три блоки пневмоциліндрів по два пневмоциліндра в кожній. Живлення повітрям здійснюється з ресивера корпусу, що наповнюється повітрям із цехової системи стисненого повітря через живильники. Візок на чотирьох роликах 6 переміщається по направляючих балках робочого стола. Зусилля волочіння через ланцюги й тяги 7 передається безпосередньо до плашкової головки 2. У випадку нерівномірної витяжки тягового ланцюга плашковий візок по робочому столі буде переміщатися з перекосом.

Не допускається працювати на стані при відсутності зазору між опорними бронзовими накладками візка й верхньою горизонтальною направляючою робочого стола. Зазор у процесі волочіння повинен бути в межах 20 ± 5 мм щодо направляючої балки робочого стола.

Стяжкою 8 у стійки ведучих зірочок проводиться регулювання зазору.

Збоку на корпусі встановлені прапорці для відключення головного привода при перекосі візка в 20 мм щодо балок робочого стола.

Візок підійшов до стійки волок, ніпель увійшов у живильник, установлений на балці робочого стола. Стиснене повітря через сопло надходить у ресивер корпусу й пневмоциліндри. Шток пневмоциліндра робить хід уперед, здійснюючи захват прутка плашками.

Під дією сил волочіння клини затягаються й надійно втримують прутки плашками. Після закінчення волочіння стиснене повітря з ресивера надходить у пневмоциліндр, розкриваючи плашки. Прутки падають на похилі сковзала й скачуються в кишені змінної місткості.

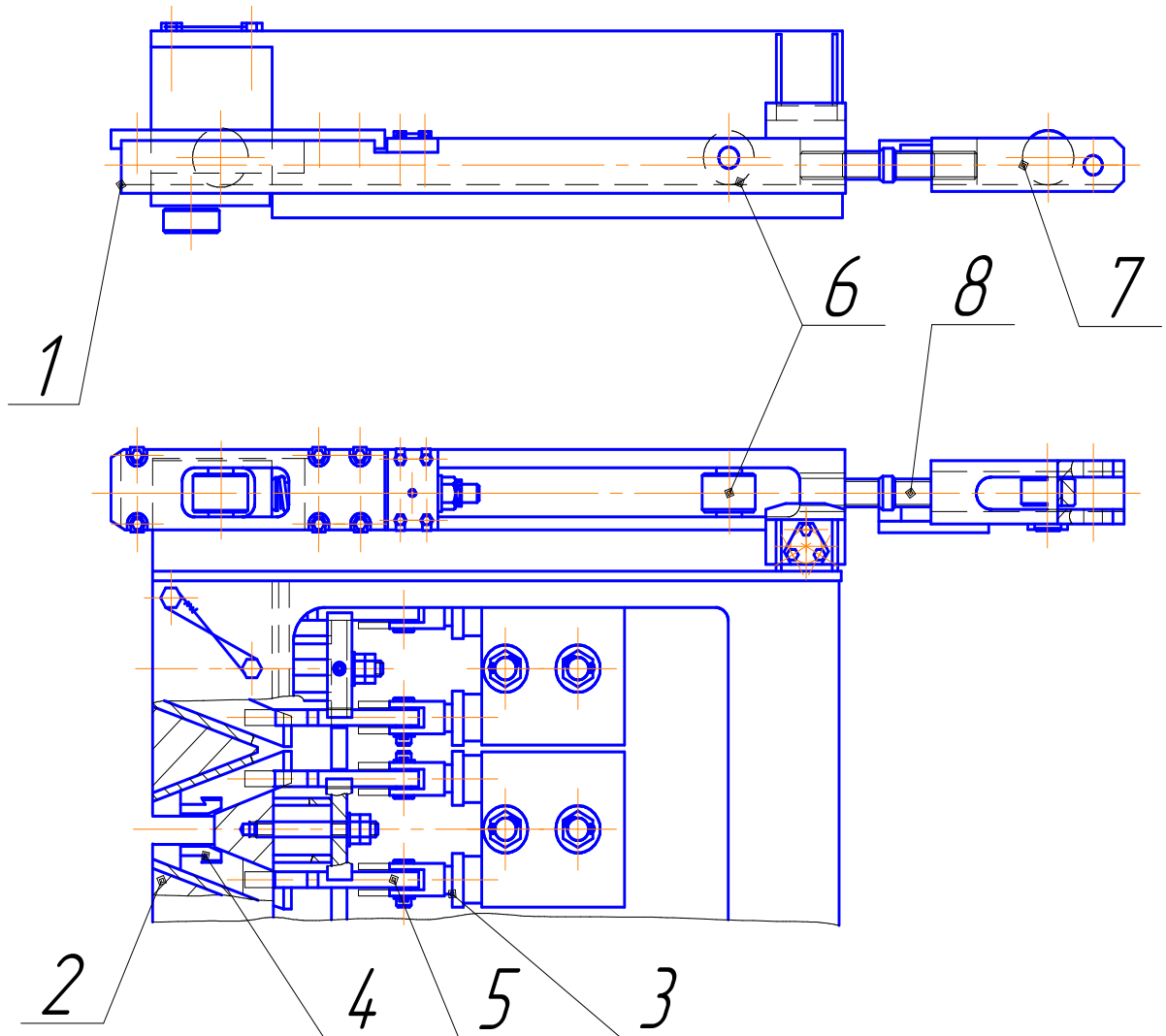


Рисунок 2.4 - Візок плашковий

При волочінні у випадку зриву прутка, повторний захват плашками проводиться від ручного крана, встановленого на візку.

Ремонт пневмоциліндрів виконується без зняття блоків.

Блоки пневмоциліндрів не взаємозалежні по настановних розмірах, тому при демонтажі кожний блок установити на корпус візка на його первісне місце.

Ланцюги тягові

Ланцюги тягові із прямими пластинами складаються з роликів, втулок, валиків, пластин. Ланцюг переміщається по направляючим робочого стола на роликах. Натяг здійснюється стяжкою, а регулювання витяжки тягових ланцюгів описаний у розділі плашковий візок.

У процесі обкатування стана і його початкової експлуатації необхідно стежити за натягом і рясним змащенням ланцюгів, тому що в цей період відбувається найбільш інтенсивна витяжка й зношування ланцюгів.

Необхідно постійно контролювати стан шплінтів на валках ланцюга.

Гідрокерування проштовхувача

Гідрокерування проштовхувача складається із двох пластинчастих насосів типу БГ12 – 2М, двох гідроциліндрів, розподільної й контрольно-регулюючої апаратури. Гідроциліндри служать для переміщення каретки гідропроштовхувача. Каретка переміщається по циліндричних направляючих, що проходить через осі гідроциліндрів і закріплені через кришку гідроциліндрів у корпусі гідропроштовхувача. При русі каретки вперед відбувається проштовхування прутків через фільтеру, при зворотному русі – відвід каретки. Масло від кожного з насосів через розвантажно-запобіжний клапан і фільтр подається до гідророзподільника, що при знеструмлених електромагнітах припиняє потік масла. Для запобігання системи від перевантажень, а також для розвантаження при непрацюючих гідроциліндрах на лініях нагнітання насосів установлений розвантажно-запобіжний клапан 20-100-22 (М-ПКПЕ), що настроюється на робочий тиск $P=1,2 \text{ кН/см}^2$.

При виключеному електромагніті запобіжного клапана насоси розвантажуються без тиску в резервуар.

Для того, щоб зробити операцію проштовхування, необхідно включити електромагніт клапана МКПЕ на лінії нагнітання працюючих насосів і відповідні електромагнітні розподільники Р203.

У баку насосної установки встановлений змійовик, у якому при необхідності може подаватися вода, прохолоджуючи масло гідросистеми.

Гідрокерування кишень

Схема гідроприводу представлена на рис 2.5. Гідропривід складається із пластинчастого насоса 2, напірних золотників 7, фільтра 5, зворотного клапана 6, дроселя 8, розподільника 9.

Підйом кишень здійснюється включенням електродвигуна 3.

Напірний золотник 7(1) охороняє систему від перевантажень (0,25 кН/см²). Опускання кишень відбувається при включенні розподільника 9. Швидкість опускання регулюється дроселем 8. При тиску $P=0,5$ кН/см² відкривається напірний золотник 7(2) і кишені опускаються в крайнє нижнє положення, тим самим охороняючи вал кишень від поломки.

Характеристика гідроприводів стана наведена в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Характеристика гідроприводів стана 2КМ30 - 9

Вузол	Тип	Найменування	Значення
Гідропроштовхувач	Гідро-привод	Діаметр, мм	160
		Хід, мм	220
		Раб. тиск, кН/см ²	1,25
Кишені змінної місткості	Гідро-привод	Діаметр, мм	160
		Хід, мм	600
		Раб. тиск, кН/см ²	0,25

Необхідною умовою експлуатації гідроапаратури є:

- температура масла в баку має бути не нижче +10⁰С и не перевищувати +50⁰С. При нагріванні масла необхідно до змійовика підвести воду для охолодження масла;
- рівень масла в баку повинен відповідати масловказувачу;
- обов'язковий щоденний огляд гідроапаратури й трубопроводів;
- заміна масла не рідше чим через шість місяців.

У таблиці 2.7 наведені можливі неполадки й способи їх усунення.

Таблиця 2.7 - Можливі неполадки й способи їх усунення

Несправність	Причини	Спосіб усунення
1. Насос не нагнітає масло	1. Неправильний напрямок обертання вала насоса 2. Низький рівень масла в баку 3. Засмічування усмоктувальної труби 4. Підсмоктування повітря в усмоктувальній лінії 5. Вал насоса обертається занадто повільно 6. В'язкість масла занадто велика	1. Змінити напрямок обертання для запобігання заїдання деталей внаслідок відсутності змащення 2. Додати масло в бак по масловказувачу 3. Прочистити усмоктувальну трубу 4. Перевірити герметичність усмоктувальної лінії 5. Мінімальна швидкість обертання насоса повинна бути не нижче зазначеної в мех. характеристиці насоса 6. Застосувати масло відповідно до наведених рекомендацій.
2. Насос нагнітає масло, але не розвиває потрібного тиску	1. Заклинювання запобіжного клапана у відкритому положенні 2. Підвищені витоки у вузлах гідравлічної системи 3. Заклинювання пластин у пазах насоса.	1. Очистити й промити клапан

Технологічне змащення

Технологічне змащення призначене для змащення прутків перед волочінням, а також для охолодження волоки. Складається з установки насосного агрегату Ш2 – 25, бака-відстійника, фільтрів Г41 – 2. Як робоча рідина може застосовуватися мастило з кінематичною в'язкістю 0,2 – 6,0 см²/с при робочій температурі не вище 80⁰С [7].

Насос Ш2 - 25

За принципом дії шестеренний насос - об'ємний.

Фільтр пластинчастий Г41 - 2

Призначений для відділення забруднених часток, що перебувають у рідині у зваженому стані. Він повинен усувати як початкове забруднення системи, так і забруднення, що утвориться під час її роботи. Фільтри оснащені пристроєм для ручного очищення фільтруючого пакета.

Пневмокерування

Пневмокерування стана складається з установки електромагнітних розподільників з апаратурою підготовки стисненого повітря, дроселів зі зворотним клапаном і пневматичними циліндрами. Електромагнітні розподільники призначені для перерозподілу потоку стисненого повітря між пневмоциліндрами, а також для відводу відпрацьованого повітря в атмосферу. Апаратура підготовки повітря призначена для очищення стисненого повітря від вологи й механічних домішок, а також для розподілу в ньому масла з метою змащення елементів циліндрів. Система повинна працювати на стисненому повітрі, що не містить вологи, кислот і механічних домішок при температурі навколишнього середовища від +5 до +50⁰С.

Фільтр-вологовідділювач призначений для відділення твердих часток величиною 0,05 мм і більше, часток води й компресорного масла, що перебуває в стисненому повітрі. Догляд за вологовідділювачем полягає у своєчасному спуску конденсату відкриттям запірного клапана, що перебуває внизу стакана. Прозорий матеріал стакана дозволяє стежити за кількістю конденсату. Спуск робити при включеному стисненому повітрі [5].

Маслорозподільник призначений для внесення в стиснене повітря розпиленого масла з метою змащення поверхонь тертя пневмоциліндрів. Догляд за маслорозподільником полягає в періодичному заправленні його маслом і регулюванні дозування гвинтом-дроселем. Заливання масла робити тільки при відключеному стисненому повітрі.

Регулятор тиску з ручним керуванням призначений для зниження тиску стисненого повітря й автоматичної підтримки його на заданому рівні. Настроювання необхідного тиску на виході регулятора призводиться за допомогою ручки-гвинта-рукоятки. При обертанні регулювального гвинта за

годинниковою стрілкою тиск підвищується й навпаки. Для приєднання манометра передбачені два різьбових отвори.

Якщо регулятор не забезпечує нормального регулювання тиску, необхідно перевірити стан гумового вкладиша клапана й перевірити, чи немає защемлення штоvhача при його русі в втулці.

Повітророзподільник В64 – 2 являє собою чотирьохходові розподільники з однобічним електропневматичним керуванням, а розподільники В64 – 1 – із двостороннім.

Пневмокерування візка

Пнеумоукерування візка (рисунок 2.5) складається з ресивера, чотирьохходового крана 4, зворотного клапана й живильника 2. Штокові порожнини пневмоциліндрів постійно поєднуються з ресивером, що відповідає положенню клинових плашок - «разтискання». При підході візка до стійки волок плашки розціплені. Ніпель 1, закріплений на візку входить у живильник, що перебуває на стійці волок. При включенні повітророзподільника, що харчує візок, повітря надходить від живильника 2 через кран 4 у безштокові порожнини пневмоциліндрів, поршні переміщуються вліво - відбувається затискання. Одночасно через зворотній клапан 3 відбувається заповнення ресивера. Після початку руху візка від стійки волок прутки заклинюються в плашках за рахунок зусилля волочіння, а повітророзподільник через витримку часу відключається.

Безштокові порожнини пневмоциліндрів знову з'єднуються з атмосферою. У зв'язку з тим що штокові порожнини постійно з'єднані з ресивером, то система підготовлена до разтиску плашок, але останні втримуються зусиллям волочіння. При закінченні волочіння зусилля знімається й плашки розтискаються.

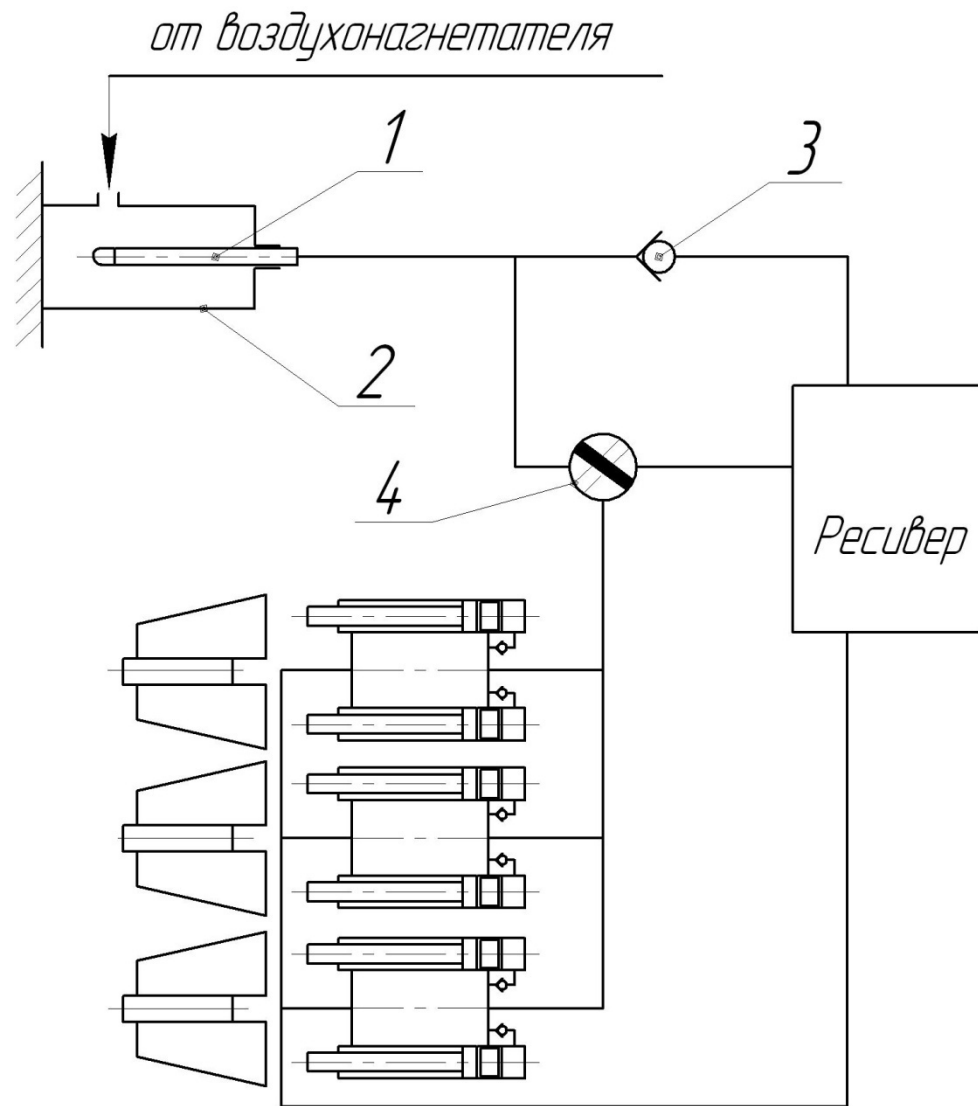


Рисунок 2.5 - Схема пневмокерування візка плашкового

Рекомендації по монтажу волочильного стану

Роботи по монтажу [7, 8] стану розділяються на:

- підготовчі роботи;
- монтаж вузлів;
- випробування машини.

Підготовчі роботи включають:

- приймання устаткування в монтаж з перевіркою комплектності по вузлах і відомості комплектації;

- трюсирування осьової лїнії стану;
- перевірку фундаменту за будівельним завданням;
- підготовку монтажних підкладок.

Тросирування вісі рекомендується почати з вісі установки приводних зірочок і головного приводу. Плашку (репер) рекомендується встановити на осі, що проходить через вісь провідних зірочок.

Порядок монтажу:

1. Привод головний
2. Стіл робочий
3. Гідропроттовхувач
4. Ланцюг тяговий
5. Візок плашковий
6. Кишені змінної місткості
7. Приймальний пристрій
8. Технологічне мастило
9. Пневмоуправління
10. Гідроуправління

При монтажі головного приводу особливу увагу звернути на монтаж муфтових з'єднань:

- перекіс вісі валів повинен бути не більше 30', за відсутності радіальних зсувів;
- монтажний зазор між валами повинен складати для даного діаметра валів.

Допустимі відхилення при монтажі робочого столу:

- направляючих доріжок балок робочого столу від осі стану складає 1/2 допуску на сторону;
- коливання по висоті доріжок під ланцюг не більше 2 мм на довжині робочого столу;
- відхилення від горизонтальності доріжок під ланцюг не більше 0,5 мм.

Після закінчення монтажу складається акт здачі устаткування під підливку. Після підливки, підтяжки фундаментних болтів проводиться наладка устаткування.

Підготовка і пуск стану

Перед пуском в експлуатацію стану необхідно провести загальний огляд з метою виявлення всіх дефектів збірки і попередньої наладки.

При огляді необхідно перевірити затягування гайок, гвинтів і т.п.

Після очищення стану від забруднень необхідно провести заповнення мастилом всіх місць, де це передбачено, а також резервуарів систем централізованого мастила. Мастило стану повинне відповідати вимогам карт мастила.

Перевірити дію всіх ручних механізмів і регулюючих пристроїв, ступінь натягнення тягових ланцюгів.

Послідовність настройки механізмів:

1. В дошку волок встановити потрібні волокни, маслопідвідні кільця, воронки.
2. Покласти пруток на рольганг ПРУ, вручну задати до волок.
3. Підняти на необхідну висоту рольганг ПРУ, направляючі ролики гідропроттовхувача з такою умовою, щоб при русі з рольганга до волок пруток не зустрічав перешкод.
4. Встановити в каретку гідропроттовхувача і в плашкову ввізок плашки на оброблюваний діаметр заготовки.

Для забезпечення стійкої роботи стану незалежно від стану машини слід проводити системи ППР.

В технічних умовах на стан вказані показники надійності, приведені в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 Показники надійності стану 2КМ30-9

Показник	Значення
Коефіцієнт технічного використання, КТВ	0,83
Періодичність поточних ремонтів, доба	30
Тривалість поточного ремонту, година	8
Термін служби до капремонту, рік	6

Вказівки по техніці безпеки при роботі на стану

При експлуатації і ремонті категорично забороняється:

- починати і вести роботу з порушеною ізоляцією дротів;
- проводити ремонт, чищення стану на ходу;
- на роботу в якості оператора стану можуть бути допущений люди, що мають достатній досвід в роботі на волочильних станах, що пройшли інструктаж і ознайомлені із технологічною інструкцією;
- починати роботу в невідповідному спецодягу;

Масило машини необхідно проводити перед початком роботи.

Не можна торкатися частин і ланцюгів стану, що рухаються, а також прутків.

Дані вказівки по техніці безпеки повинні забезпечити безпечну і продуктивну роботу на даному устаткуванні.

2.3 Розрахунок привода й найбільш навантажених елементів волочильного стану

Вибір електродвигуна та редуктора головного привода

З технологічної інструкції роботи стану й технічної характеристики необхідний максимальний момент на головному валу складе:

-при мінімальній частоті $n_{B1}=30$ об/хв $M_{B1}=92$ кН·м

-при максимальній частоті $n_{B2}=50$ об/хв $M_{B2}=53$ кН·м

Необхідна потужність при цих характеристиках буде дорівнює:

$$N_{b1} = \frac{M_{b1} \cdot n_{b1}}{9,75} = \frac{92 \cdot 30}{9,75} = 283 \text{ кВт} \quad (2.1)$$

$$N_{b2} = \frac{M_{b2} \cdot n_{b2}}{9,75} = \frac{53 \cdot 50}{9,75} = 272 \text{ кВт} \quad (2.2)$$

За даними результатами розрахунку вибираємо циліндричний двоступінчастий редуктор ЦДН-710-14 з міжцентровою відстанню $A=1460$ мм, передаточним числом $U=19,922$ і К.П.Д. $\eta=0,97$.

Число обертів швидкохідного вала:

$$n_{б1} = n_{в1} \cdot u = 30 \cdot 19,922 = 494 \text{ об/хв};$$

$$n_{б2} = n_{в2} \cdot u = 50 \cdot 19,922 = 996 \text{ об/хв}.$$

Момент що допускається на швидкохідному валу (з обліком к.к.д. $\eta=0,97$) складе:

$$M_{б.ред.1} = \frac{M_{в1}}{u \cdot \eta} = \frac{92}{19,922 \cdot 0,97} = 4,7 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (2.3)$$

$$M_{б.ред.2} = \frac{M_{в2}}{u \cdot \eta} = \frac{53}{19,922 \cdot 0,97} = 2,7 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (2.4)$$

Потужність, передана редуктором становить $N=332$ кВт.

Тоді редуктор здатний при необхідних швидкостях обертання передати необхідну потужність.

Виходячи із цього вибираємо електродвигун постійного струму моделі П2П-500-145-8В4 з потужністю $N_{дв}=315$ кВт; $n_{дв.мін}=600$ об/хв ; $n_{дв.макс}=1000$ об/хв. Момент інерції ротора $I_p=11,87$ кг·м². Кратність максимального моменту $\varphi_{max}=1,9$ [10].

Перевірка двигуна на перевантаження:

$$\lambda = \frac{M_{max}}{M_{ном}} = \frac{2870}{3008,25} = 0,95 < [\lambda] = 1,9$$

де $T_{ном}$ – номінальний момент двигуна

$$M_{\text{ном}} = 9550 \cdot P_{\text{дв}} / n_{\text{дв}} = 9550 \cdot 315 / 1000 = 3008,25 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Максимальний момент на валу двигуна складе

$$M_{\text{max}} = 2870 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

де M_{max} – максимальний момент з навантажувальної діаграми

Таким чином, двигун задовольняє умовам по перевантажувальній здатності й необхідній потужності на валу привода. Технічна характеристика двигуна наведена в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Технічна характеристика електродвигуна

№ п/п	Найменування параметра	Значення
1	Тип двигуна	П2П-500-145-8В4
2	Потужність двигуна, кВт	315
3	Частота обертання, хв ⁻¹	1000
4	Момент інерції ротора, кг·м ²	11,87
5	Кратність максимального моменту	1,9
6	Число пар полюсів	8
7	Номинальна напруга, В	220

Із всіх розрахунків можемо зробити вивід, що електродвигун і редуктор головного привода задовольняють необхідним умовам і здатні забезпечувати технологічне зусилля волочіння.

Кінематична схема головного привода наведена на рис.2.6.

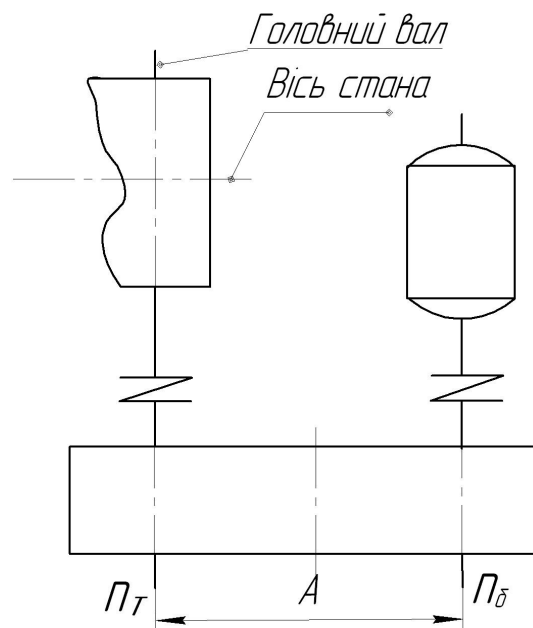


Рисунок 2.6 - Кінематична схема головного привода стана

Вибір муфт головного привода

Муфти служать для поздовжнього з'єднання двох деталей машин, зв'язаних загальним обертотвим рухом. Крім того муфти охороняють машини від перевантажень [3].

Швидкохідний вал редуктора й вал електродвигуна

Вихідними даними для розрахунку є момент на валу електродвигуна $T_H=3,0$ кН ; $n_d=600$ об/хв.

Розрахунковий момент

$$T_M = K_1 K_2 T ; \quad (2.5)$$

де: K_1 - коефіцієнт, що враховує ступінь відповідальності й механізму,
 K_2 - коефіцієнт, що враховує режим роботи;

Приймаємо $K_1=1,2$, $K_2 =1,1$.

Підставимо числові значення, одержимо:

$$T_M = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 3008,25 = 3970,89(\text{Нм})$$

По довіднику приймемо муфту зубчасту МЗ №4 ГОСТ 5006 - 55, крутний момент $T= 5,6$ кН·м, частота обертання $n=3350$ хв⁻¹, $D=250$ мм, орієнтовна маса муфти $m=38$ кг.

Тихохідний вал редуктора й вал ведучих зірочок

Визначимо номінальний момент що передає муфта

$$T = T_H U_P \eta_P , \quad (2.6)$$

де T_H – номінальний момент на валу електродвигуна ;

U_P – передаточне число редуктора, $U_P =19,922$;

η_P - ККД редуктора, $\eta=0,97$.

Підставимо числові значення у формулу (2.6) і одержимо:

$$T = 3008,25 \cdot 19,922 \cdot 0,97 = 58132,45(\text{Нм}) ;$$

Розрахунковий момент

$$T_M = K_1 K_2 T ; \quad (2.7)$$

де: K_1 - коефіцієнт, що враховує ступінь відповідальності й механізму,
 K_2 - коефіцієнт, що враховує режим роботи;

Приймаємо $K_1 = 1,2$, $K_2 = 1,1$.

Підставимо числові значення у вираження (2.7) і одержимо:

$$T_M = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 58132,45 = 76734,8 \text{ (Нм)}$$

Прийmemo муфту зубчасту МЗ №5 ГОСТ 5006 – 55, момент що передається $T=8,0$ кН·м, частота обертання $n=2800$ хв⁻¹, $D=290$ мм, орієнтовна маса $m=57$ кг.

Розрахунок шпонкового з'єднання

На швидкохідному валу крутний момент $M_B=4,7$ кН·м, передається від вала двигуна на швидкохідний вал редуктора за допомогою призматичної шпонки 24x14 за ГОСТ 8789-68.

Робочі грані перевіряємо на зминання [3].

Умова міцності на зминання:

$$M_{кр} = 0,5d \cdot k \cdot l [\sigma]_{см} \quad (2.8)$$

де $[\sigma]_{см}$ – напруження що допускається, що, матеріалу шпонки на зминання

$$[\sigma]_{см} = 15 \text{ кН/см}^2$$

Тоді необхідна довжина шпонки

$$l = \frac{M_{кр}}{0,5d \cdot k [\sigma]_{см}} = \frac{470}{0,5 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot 15} = 12,53 \text{ см} \quad (2.9)$$

Приймаємо довжину шпонки $l=130$ мм.

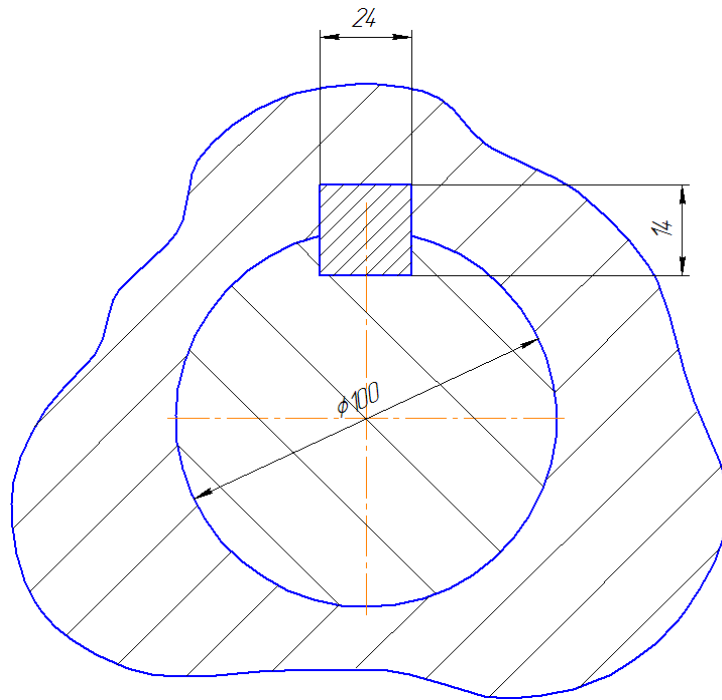


Рисунок 2.7 - Шпонкове з'єднання

Умова міцності на зріз:

$$M_T = 0,5(d + k)b \cdot l[\tau]_{кр} \quad (2.10)$$

де $[\tau]_{кр}$ - напруження що допускається, для матеріалу шпонки на зріз.

$$[\tau]_{кр} = 3,2 \text{ кН/см}^2$$

$$b = \frac{M_{кр}}{0,5(d + k)l[\tau]_{кр}} = \frac{470}{0,5(10 + 0,5) \cdot 13 \cdot 3,2} = 2,1 \text{ см} < b = 2,4 \text{ см} \quad (2.11)$$

Отже можна зробити висновок, що прийняті розміри шпонки задовольняють умові міцності.

2.4 Розрахунок ходового колеса плашкового візка

Вихідні дані:

-маса візка	$P=1,8 \text{ кН}$
-кількість ходових коліс	$n=4$
-швидкість візка	$V_T=1,8 \text{ м/с}$

При рівномірному розподілі тисків на ходові колеса максимальне навантаження на одне колесо складе [14]:

$$F_{max} = \frac{P}{n} = \frac{1,8}{4} = 0,45 \text{ кН} \quad (2.12)$$

Колесо опирається на радіальні однорядні шарикопідшипники 208 ГОСТ 8338-75 $d=40$ мм, $D=80$ мм, $B=18$ мм [4].

При цьому діаметр цапфи колеса становить $d_{Ц}=40$ мм.

Коефіцієнт тяги визначимо по формулі

$$f_{тяг} = \frac{f \cdot d_{Ц} + 2\mu}{D_{х.к.}} = \frac{0,015 \cdot 40 + 2 \cdot 0,4}{105} = 0,014 \quad (2.13)$$

де f -коефіцієнт тертя в опорах колеса, $f=0,015$ (для підшипників кочення);

μ - коефіцієнт тертя кочення колеса по рейці,

$\mu=0,4$ (для сталевих коліс і рейка із плоскою головкою);

$D_{х.к.}$ - діаметр ходового колеса, $D_{х.к.}=105$ мм.

Визначення контактних напруг, що допускаються, при русі колеса

При русі колеса й лінійному контакті з рейкою величина контактних напруг від тиску N на колесо

$$\sigma_{кон} = \alpha_1 \sqrt{k_m \frac{N}{b \cdot \rho_{пр}}} \leq [\sigma_{кон}] \quad (2.14)$$

де α_1 -600 (при сталевих колесах), [4], стор.292

k_m - коефіцієнт поштовхів,

при швидкості $V_T=1,8$ м/с $k_m=1,2$, [5],стор.44.

b - довжина лінії контакту, $b = 7$ см.

$\rho_{пр}$ - наведений радіус кривизни

$$\frac{1}{\rho} = \frac{2}{D_{х.к.}} = \frac{2}{10,5} = 0,19$$

Тиск на колесо буде дорівнює

$$N = F_{max} = 0,45 \text{ кН.}$$

Тоді одержимо контактну напругу

$$\sigma_{\text{кон}} = 600 \cdot \sqrt{1,2 \cdot \frac{450}{7} \cdot 0,19} = 23 \text{ кН/см}^2 \quad (2.15)$$

Матеріал колеса й рейки – сталь 45 , HB=200 , $[\sigma_{\text{кін}}]=80 \text{ кН/см}^2$, [4], табл.5.85, стор.299.

Висновок: ходові колеса, застосовувані в конструкції візки, по обраному матеріалі, твердості й розмірам задовольняють умові міцності

$$\sigma_{\text{кон}} = 23 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} < [\sigma_{\text{кон}}] = 80 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$$

2.5 Розрахунок осі ходового колеса візка

Навантаження на вісь (рисунок 2.9)

$$P_{\text{к}} = \frac{F_{\text{max}}}{2} = \frac{4,5}{2} = 2,25 \text{ кН} \quad (2.16)$$

Реакції в опорах

$$R_A = R_B = P_{\text{к}} = 2,25 \text{ кН.}$$

Момент згинаючий на опорі А

$$M_A = P_{\text{к}} \cdot l_1 = 2,25 \cdot 4 = 9 \text{ кН} \cdot \text{см} \quad (2.17)$$

Момент згинаючий на опорі В

$$M_B = P_{\text{к}} \cdot l_3 = 2,25 \cdot 4 = 9 \text{ кН} \cdot \text{см} \quad (2.18)$$

З епюр поперечних сил і згинальних моментів визначасмо небезпечні перерізи.

Це переріз осі в опорах А і В.

Напруження в кожному із цих перерізів буде дорівнює

$$\sigma = \frac{Q}{F} + \frac{M_u}{W} \leq [\sigma]_u \quad (2.19)$$

де F- площа поперечного перерізу осі

W- момент опору вигину

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} = 12,56 \text{ см}^2 \quad (2.20)$$

$$W = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot 4^3 = 6,4 \text{ см}^3 \quad (2.21)$$

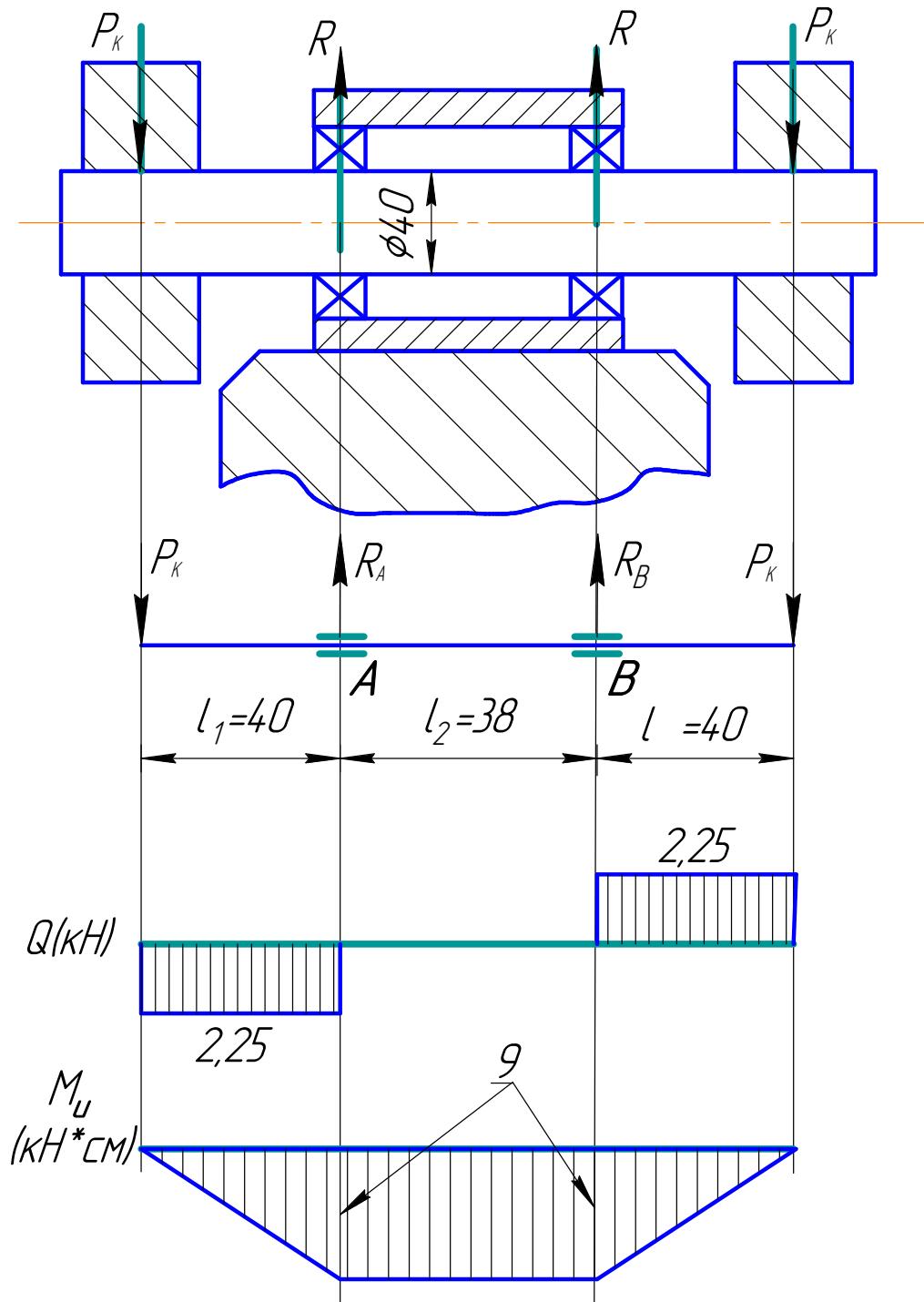


Рисунок 2.8 - Схема навантаження осі ходового колеса й епюри поперечних сил і згинальних моментів

Тоді напруження буде дорівнювати

$$\sigma = \frac{2,25}{12,56} + \frac{9}{6,4} = 1,6 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} < [\sigma]_u = 13,5 \text{ кН/см}^2$$

Матеріал осі - Сталь 45 .

Висновок: із розрахунків можемо зробити висновок, що розміри й матеріал осі задовольняють умові міцності.

Для підтвердження розрахунків вісі також виконаємо перевірочний розрахунок в програмному комплексі АРМ WinMashine 9.7 модуль АРМ Beam. Результати представлено в тому вигляді які подає програма [20].

АРМ Beam

Параметры сечения

Площадь 1255.757 кв.мм

Центр масс: X= 31.470 Y= -0.384 мм

Момент инерции

вокруг горизонтальной оси 125472.273 мм⁴
 вокруг вертикальной оси 125501.774 мм⁴
 полярный 250974.05 мм⁴

Угол наклона главных центральных осей 45 град

Максимальное напряжение в наиболее опасном сечении 14.123 МПа

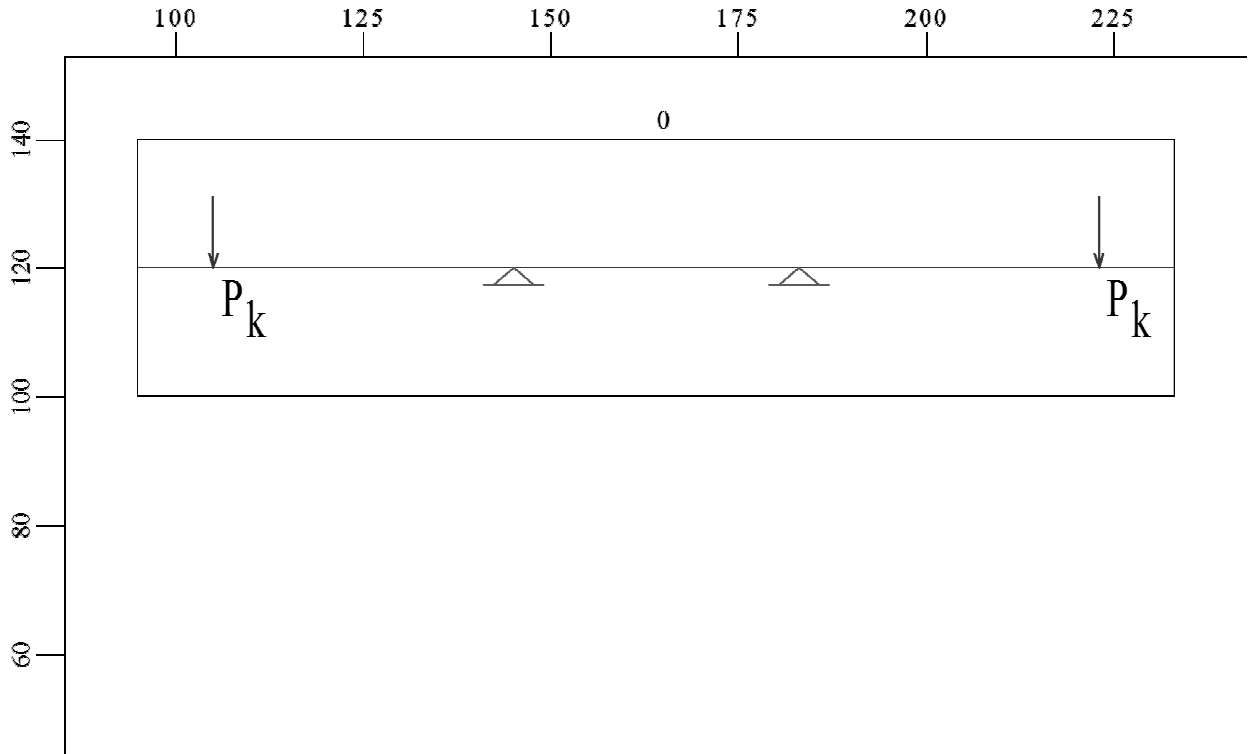
Радиальные силы

N	Расстояние от левого конца балки, мм	Модуль, Н	Угол, град
0	10	2250	180
1	128	2250	180

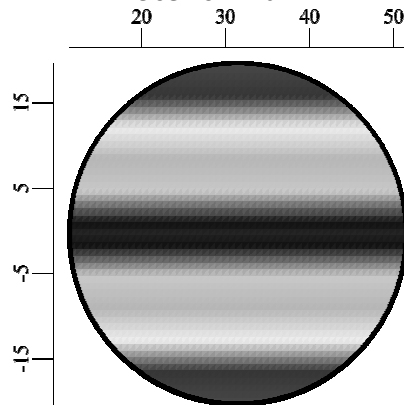
Реакции в опорах

N	Расстояние от левого конца балки, мм	Реакция верт., Н	Реакция гориз., Н	Модуль Н	Угол, град
0	50	2250	0	2250	90
1	88	2250	0	2250	90

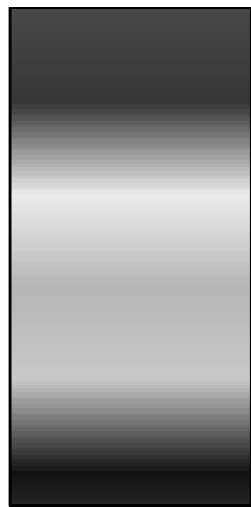
APM Beam



Сегмент 0



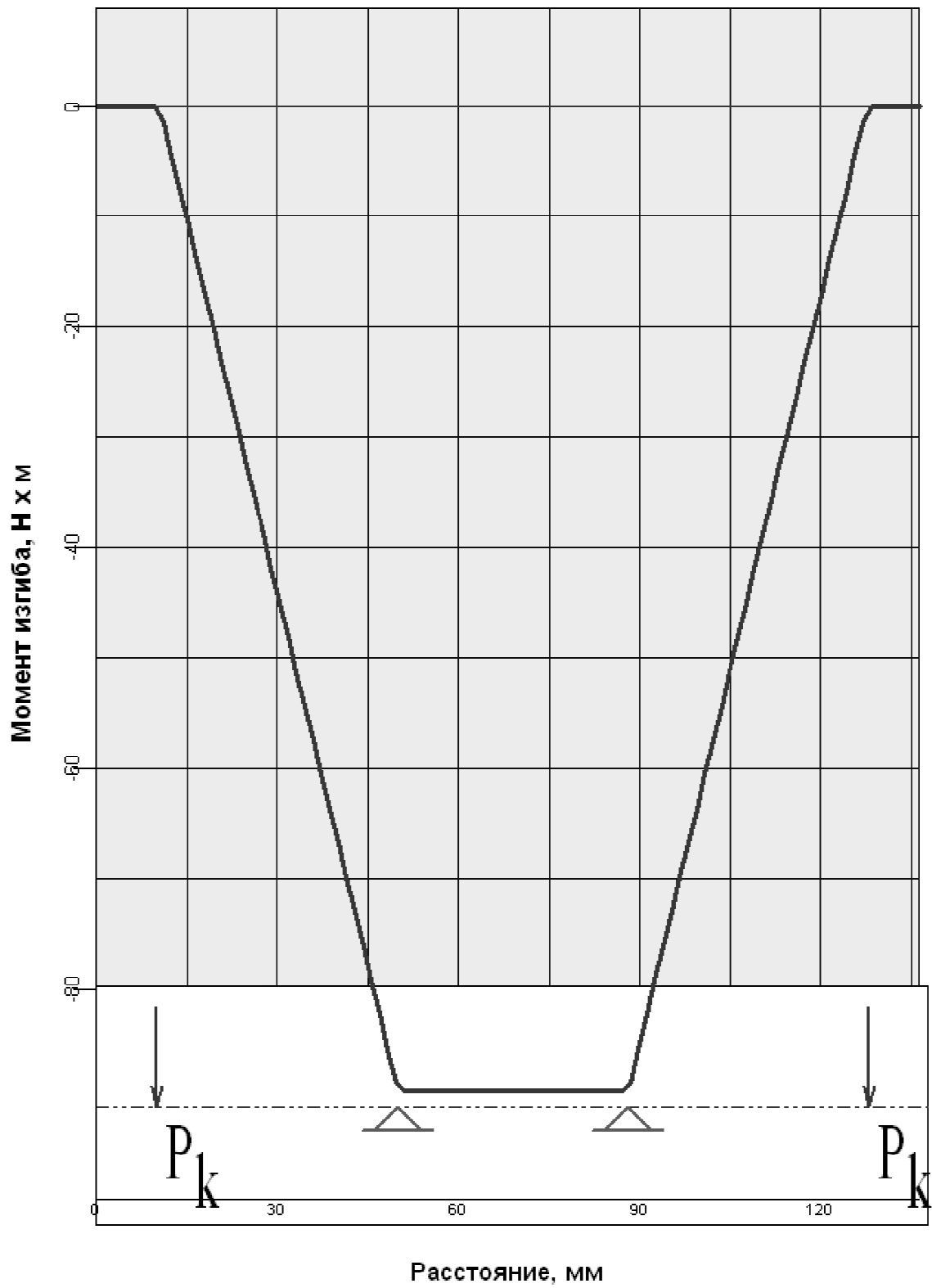
Диапазон цветов напряжений [МПа]



- 14.12
- 13.18
- 12.25
- 11.31
- 10.37
- 9.43
- 8.49
- 7.55
- 6.61
- 5.68
- 4.74
- 3.80
- 2.86
- 1.92
- 0.98
- 0.05

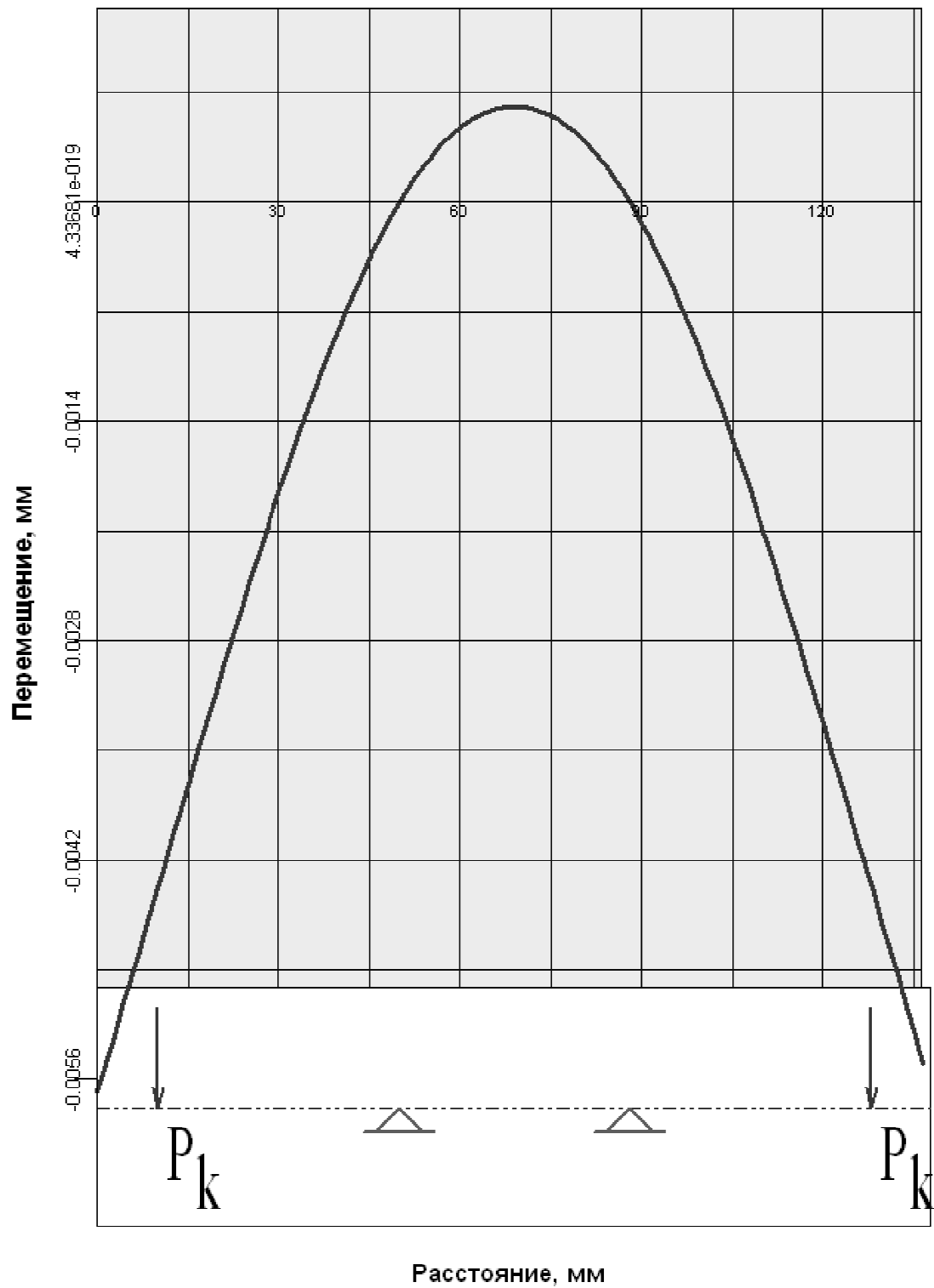
APM Beam

Момент изгиба в вертикальной плоскости



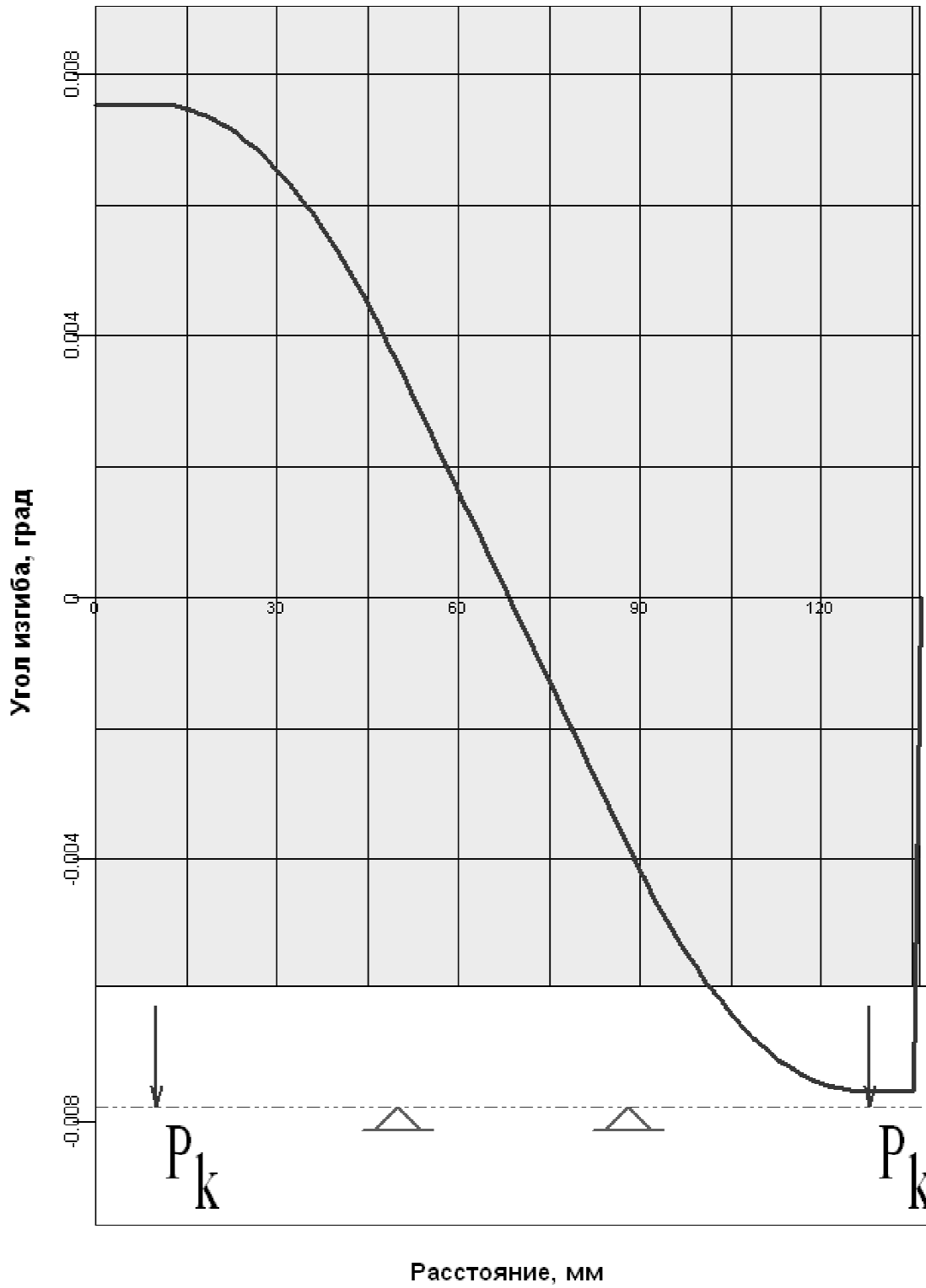
APM Beam

Перемещение в вертикальной плоскости



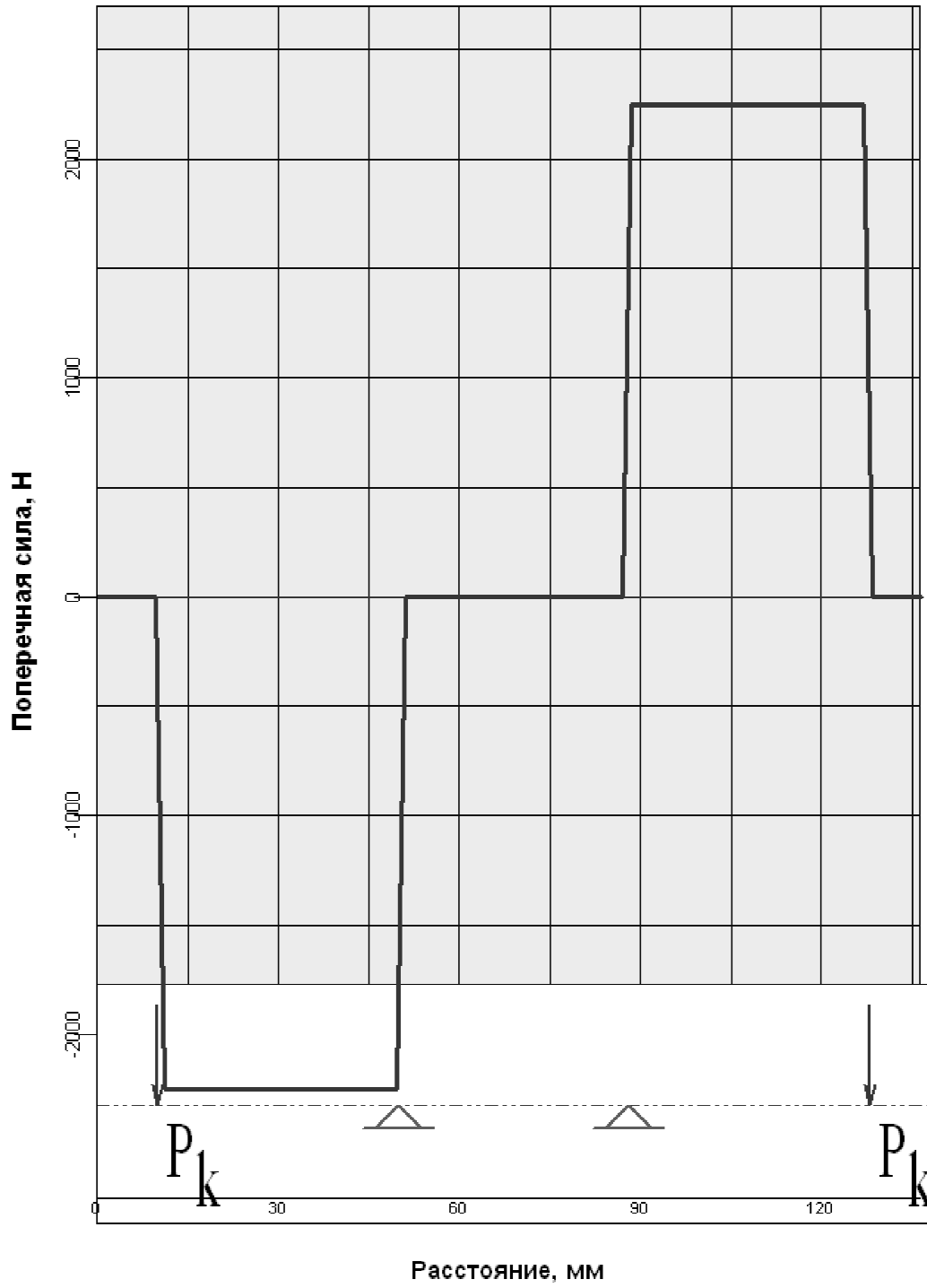
APM Beam

Угол изгиба в вертикальной плоскости



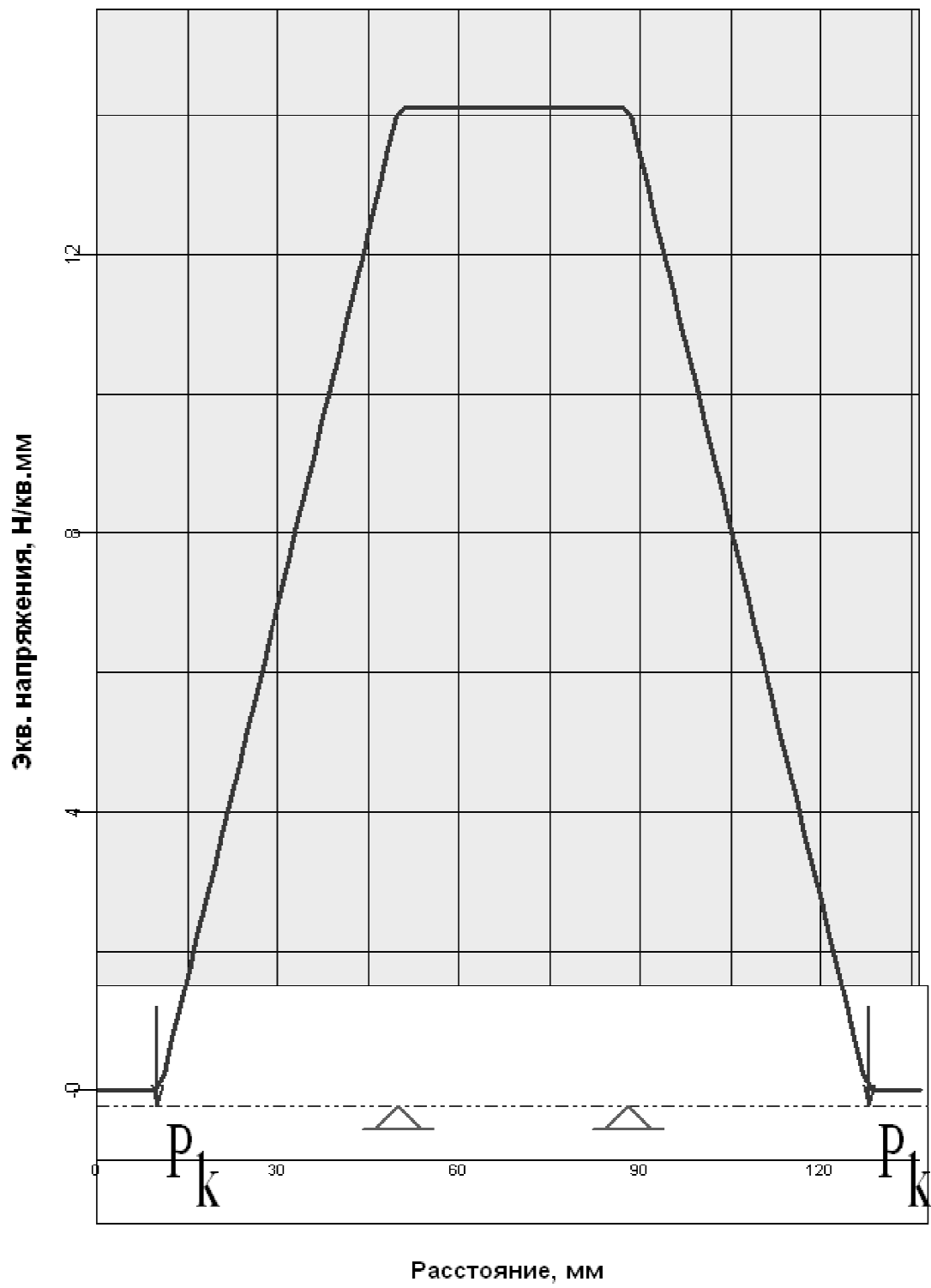
APM Beam

Поперечные силы в вертикальной плоскости



APM Beam

Экв. напряжения



2.6 Розрахунок підшипників вала ходового колеса

На валу встановлені радіальні однорядні шарикопідшипники легкої серії 208, ГОСТ 8338-75 [4]. Характеристики шарикопідшипника зведені в таблицю 2.10

Таблиця 2.10 - Характеристики шарикопідшипника радіального 208

Параметр шарикопідшипника	Позначення параметра	Числове значення
Діаметр внутрішній	d, мм	40
Діаметр зовнішній	D, мм	80
Ширина шарикопідшипника	B, мм	18
Статична вантажопідйомність	C ₀ , кН	18,1
Динамічна вантажопідйомність	C, кН	25,6
Припустиме число обертів	n, об/хв	6300

Перевіримо шарикопідшипники по динамічній вантажопідйомності.

Довговічність(термін служби) обраного типорозміру підшипника в мільйонах обертів

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^{\rho} \quad (2.22)$$

де - C- динамічна вантажопідйомність, кН, [5],стор.82;

P- еквівалентне динамічне навантаження, кН;

ρ- показник(для шарикових підшипників ρ=3).

З урахуванням коефіцієнта безпеки й температурного коефіцієнта для шарикових підшипників, динамічне навантаження

$$P = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) K_{\sigma} \cdot K_T \quad (2.23)$$

У зв'язку з тим що осьова тскладова навантаження F_a=0, то одержимо

$$P = X \cdot V \cdot F_r \cdot K_{\sigma} \cdot K_T$$

де X- коефіцієнт радіального навантаження, X=1 ([4], табл.52, стор.79);

V- коефіцієнт обертання, V=1 ([4], стор.60) ;

Y - коефіцієнт осьового навантаження, Y=0;

F_r - радіальне навантаження (з розрахунку осі ходового колеса $F_r = R_A = 2,25$ кН);
 $K_\sigma = 1,2$;
 $K_T = 1,05$ (при $t^\circ\text{C} < 125^\circ$), [5], табл.57, стор.79.

Тоді довговічність складе

$$L = \left(\frac{25,6}{2,84} \right)^3 = 7325,6 \text{ обертів}$$

Номінальний термін служби підшипника в годинах

$$L_h = \frac{L}{60 \cdot n} \quad (2.24)$$

де n - число обертів колеса у хвилину, $n = n_{\text{х.к.}} = 328$ об/хв.

Тоді номінальний термін служби підшипника буде дорівнює

$$L_h = \frac{732 \cdot 10^6}{60 \cdot 328} = 37 \cdot 10^3 \text{ годин}$$

Таким чином, при завантаженні 24 години на добу підшипник проработить 1542 доби.

Висновок: зробивши перевірку можемо сказати, що зазначений підшипник витримує задані навантаження, швидкісний режим по критерію довговічності.

Для підтвердження розрахунків також виконаємо перевірочний розрахунок в програмному комплексі АРМ WinMashine 9.7 модуль АРМ Bear. Результати представлено в тому вигляді які подає програма [19].

APM Bear

Шариковый радиальный подшипник (Подшипник 208 ГОСТ 8338-75)

Исходные данные

Геометрия

Внешний диаметр	80.000	мм
Внутренний диаметр	40.000	мм
Диаметр тела качения	12.700	мм
Число тел качения	9.000	
Число рядов тел качения	1.000	

Точность

Радиальные биения внешн. кольца	0.035	мм
Радиальные биения внутр. кольца	0.015	мм

Условия работы

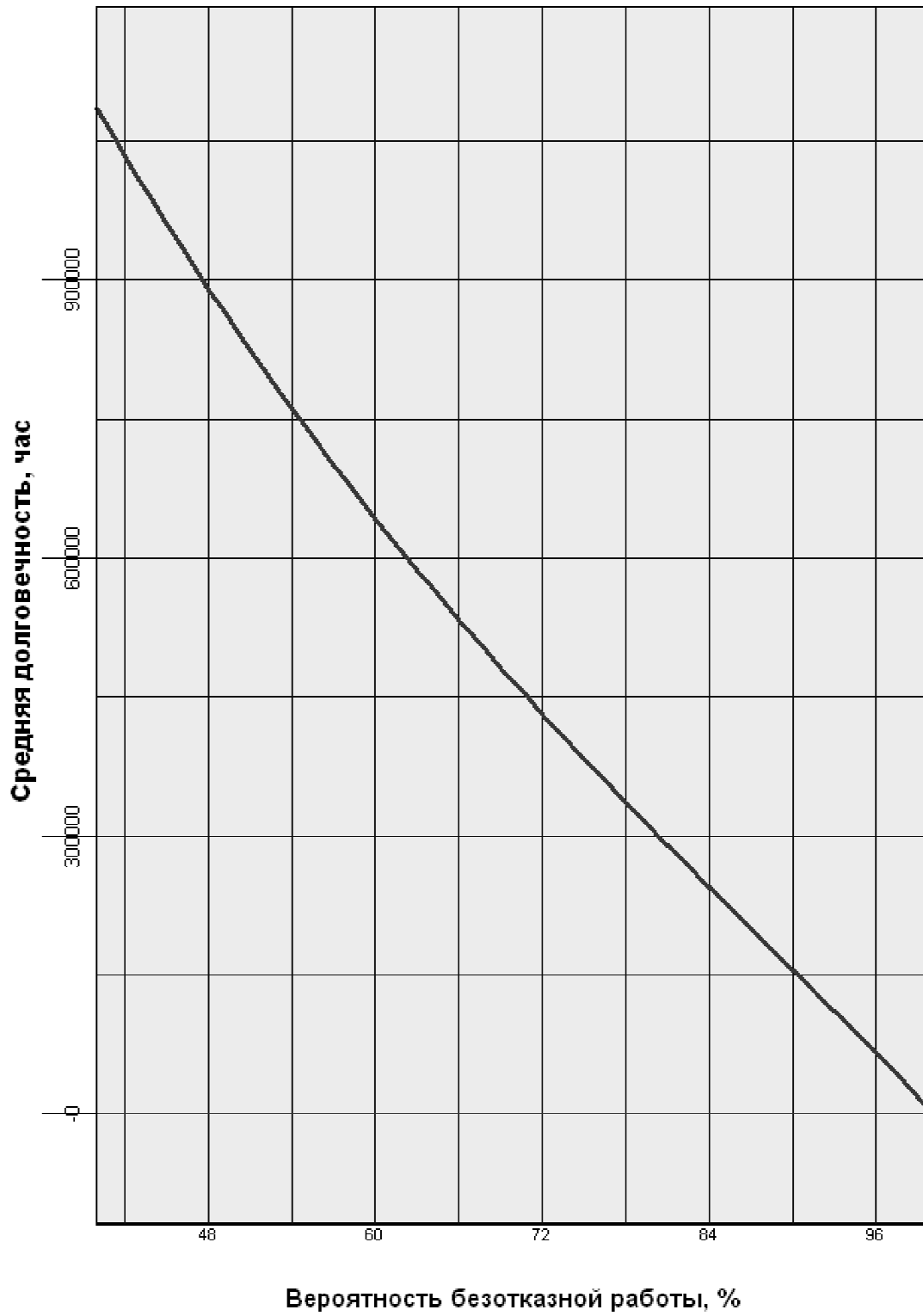
Радиальная сила	2250.000	Н
Скорость вращения	328.000	об/мин
Кoeff. динамичности	1.000	
Тип нагрузки	Постоянная	

Резюме:

Средняя долговечность	155019.407	час
Максимальное контактное напряжение	2178.525	Н/кв.мм
Выделение тепла	6812.438	Дж/час
Динамическая грузоподъемность	32632.692	Н
Радиальные биения	30.572	мкм
Боковые биения	-1.992	мкм
Момент трения	0.055	Н x м
Потери мощности	1.892	Вт

APM Graph

Средняя долговечность



APM Graph

Таблица: Долговечность по классическому методу

Индекс точки	Вероятность безотказной работы, %	Средняя долговечность, час
1	40.00000	1086501.93178
222	41.00000	1060114.48303
3	42.00000	1034292.39010
4	43.00000	1009008.62685
5	44.00000	984237.98272
6	45.00000	959956.89899
7	46.00000	936143.32270
8	47.00000	912776.57624
9	48.00000	889837.24031
10	49.00000	867307.04880
11	50.00000	845168.79412
12	51.00000	823406.24159
13	52.00000	802004.05197
14	53.00000	780947.71113
15	54.00000	760223.46599
16	55.00000	739818.26614
17	56.00000	719719.71034
18	57.00000	699915.99751
19	58.00000	680395.88163
20	59.00000	661148.63004
21	60.00000	642163.98499
22	61.00000	623432.12778
23	62.00000	604943.64538
24	63.00000	586689.49918
25	64.00000	568660.99557
26	65.00000	550849.75810
27	66.00000	533247.70102
28	67.00000	515847.00393
29	68.00000	498640.08733
30	69.00000	481619.58874
31	70.00000	464778.33939
32	71.00000	448109.34094
33	72.00000	431605.74216
34	73.00000	415260.81519
35	74.00000	399067.93101
36	75.00000	383020.53386
37	76.00000	367112.11394
38	77.00000	351336.17795
39	78.00000	335686.21682
40	79.00000	320155.66951
41	80.00000	304737.88212
42	81.00000	289426.06049
43	82.00000	274213.21474
44	83.00000	259092.09290
45	84.00000	244055.10047
46	85.00000	229094.20099
47	86.00000	214200.79097
48	87.00000	199365.53963
49	88.00000	184578.17914
50	89.00000	169827.22394
51	90.00000	155099.58550
52	91.00000	140380.02804
53	92.00000	125650.37306
54	93.00000	110888.28860
55	94.00000	96065.35223
56	95.00000	81143.74960
57	96.00000	66070.15665
58	97.00000	50762.99972
59	98.00000	35080.77291
60	99.00000	18713.84620
61	100.00000	0.00000

2.7 Розрахунок пружини гідропроттовхувача

З умов роботи механізму:

- зусилля пружини $P_1=0,85$ кН, $P_2=1,7$ кН;
- робочий хід $h=59$ мм;
- діаметр пружини $D=40$ мм.

Сила пружини при максимальній деформації (рисунок 2.7) [16].

$$P_3 = \frac{P_2}{1-\delta} \quad [6], \text{табл.10, стор.104}$$

де δ - відносний інерційний зазор пружини стиску

$$\delta = 1 - \frac{P_2}{P_3} = 1 - \frac{1,7}{1,9} = 0,105.$$

Вибираємо пружину стиску II класу, 3 розряди за ГОСТ 13722-68, дріт II-6 ГОСТ 9389-76.

Твердість пружини

$$Z = \frac{P_2 - P_1}{h} \quad (2.25)$$

де $h=60$ мм.

$$Z = \frac{1,7 - 0,85}{59} = 0,014 \frac{\text{кН}}{\text{мм}}$$

Число робочих витків

$$n = \frac{Z_1}{Z} = \frac{0,33}{0,014} = 23.$$

Повне число витків

$$n_1 = n + n_2 = 23 + 1,5 = 24,5 \quad (2.26)$$

де n_2 - число опорних витків, $n=1,5$.

Середній діаметр пружини

$$D_o = D - d = 40 - 6 = 34 \text{ мм.} \quad (2.27)$$

Попередня деформація пружини

$$F_1 = \frac{P_1}{Z} = \frac{0,85}{0,014} = 118 \text{ мм} \quad (2.28)$$

Максимальна деформація (при зіткненні витків)

$$F_3 = \frac{P_3}{Z} = \frac{1,9}{0,014} = 133 \text{ мм} \quad (2.29)$$

Деякі основні параметри пружини наведені в таблиці 2.10

Таблиця 2.10 - Основні параметри пружини стиску

Параметр пружини	Позначення параметра	Числове значення
Термообробка	HRC	46...52...52
Діаметр дроту	d, мм	6
Зовнішній діаметр	D, мм	40
Сила пружини при max деформації	P ₃ , кН	1,9
Твердість одного витка	Z ₁ , кН/мм	0,33
Найбільший прогин одного витка	f ₃ , мм	5,762
Модуль зрушення	G, кН/мм ²	80
Твердість пружини	Z, кН/мм	0,014
Число робочих витків	n	23
Повне число витків	n ₁	24,5
Середній діаметр пружини	D ₀ , мм	34

Висота пружини при максимальній деформації

$$H_3 = (n_1 + 1 - n_3) \cdot d = (24,5 + 1 - 1,5) \cdot 6 = 144 \text{ мм.} \quad (2.30)$$

де n₃- число зашліфованих витків.

Висота пружини у вільному стані

$$H_0 = H_3 + F_3 = 144 + 133 = 277 \text{ мм.} \quad (2.31)$$

Висота пружини при попередній деформації

$$H_1 = H_0 - F_1 = 277 - 59 = 218 \text{ мм.} \quad (2.32)$$

Висота пружини при робочій деформації

$$H_2 = H_0 - F_2 = 277 - 118 = 159 \text{ мм.} \quad (2.33)$$

Крок пружини

$$t = f_3 + d = 5,762 + 6 = 11,762 \text{ мм.} \quad (2.34)$$

Довжина розгорнутої пружини

$$L = 3,2 \cdot D_0 \cdot n = 3,2 \cdot 34 \cdot 24,5 = 2666 \text{ мм.} \quad (2.35)$$

Маса пружини

$$Q = 19,25 \cdot 10^6 \cdot D_0 \cdot d \cdot n_1 = 19,25 \cdot 10^6 \cdot 34 \cdot 6^2 \cdot 24,5 = 5,8 \text{ Н} \quad (2.36)$$

Обсяг, що займає пружина

$$W = 0,758 \cdot D^2 \cdot H = 0,758 \cdot 4^2 \cdot 21,8 = 264 \text{ см}^3 \quad (2.37)$$

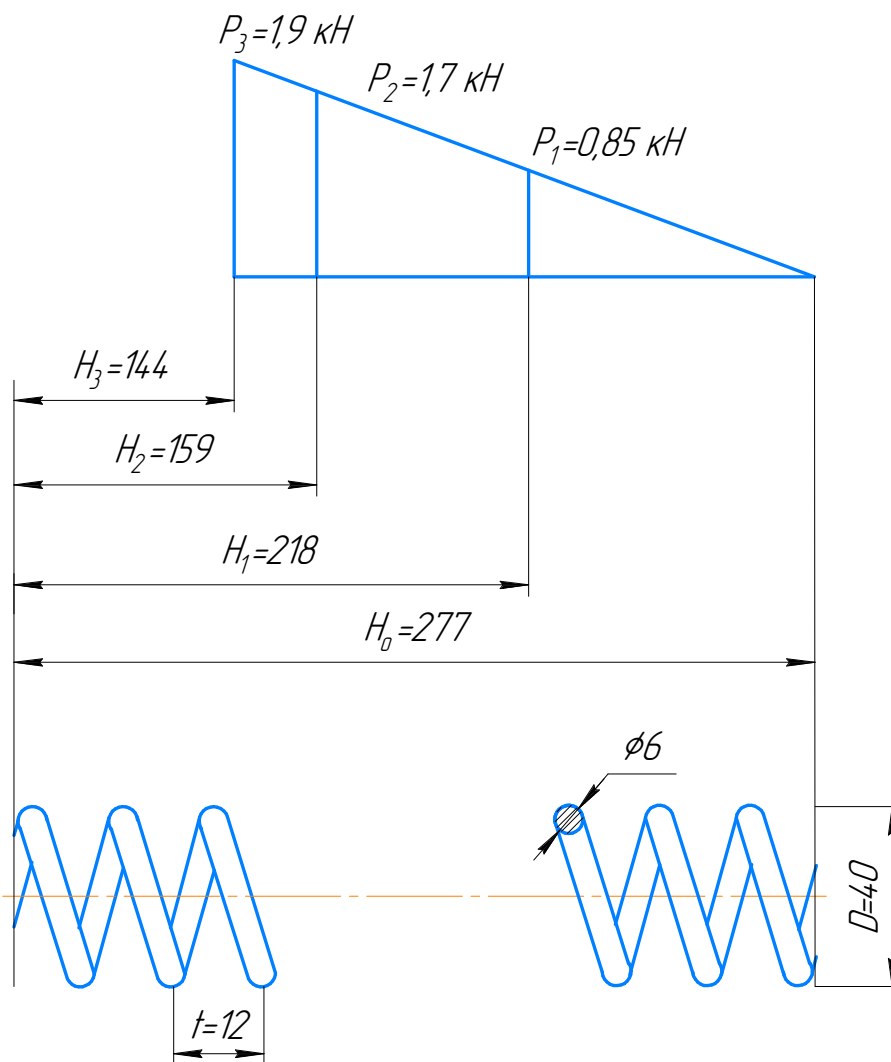


Рисунок 2.9 - До розрахунку пружини гідро проштовхувача

Для підтвердження розрахунків також виконаємо перевірочний розрахунок в програмному комплексі APM WinMashine 9.7 модуль APM Spring. Результати представлено в тому вигляді які подає програма [21].

Пружина сжатия.

Расчет Проверочный.

Основные параметры

Материал	Пружинная проволока 2 класса	
Сила при рабочей нагрузке	1700.	[Н]
Сила при предварит. деформации	850.	[Н]
Длина пружины в свободном состоянии	277.	[мм]
Класс пружины	2.	[-]
Число рабочих витков	23.	[-]
Средний диаметр пружины	34.	[мм]
Диаметр проволоки	6.	[мм]

Дополнительные параметры

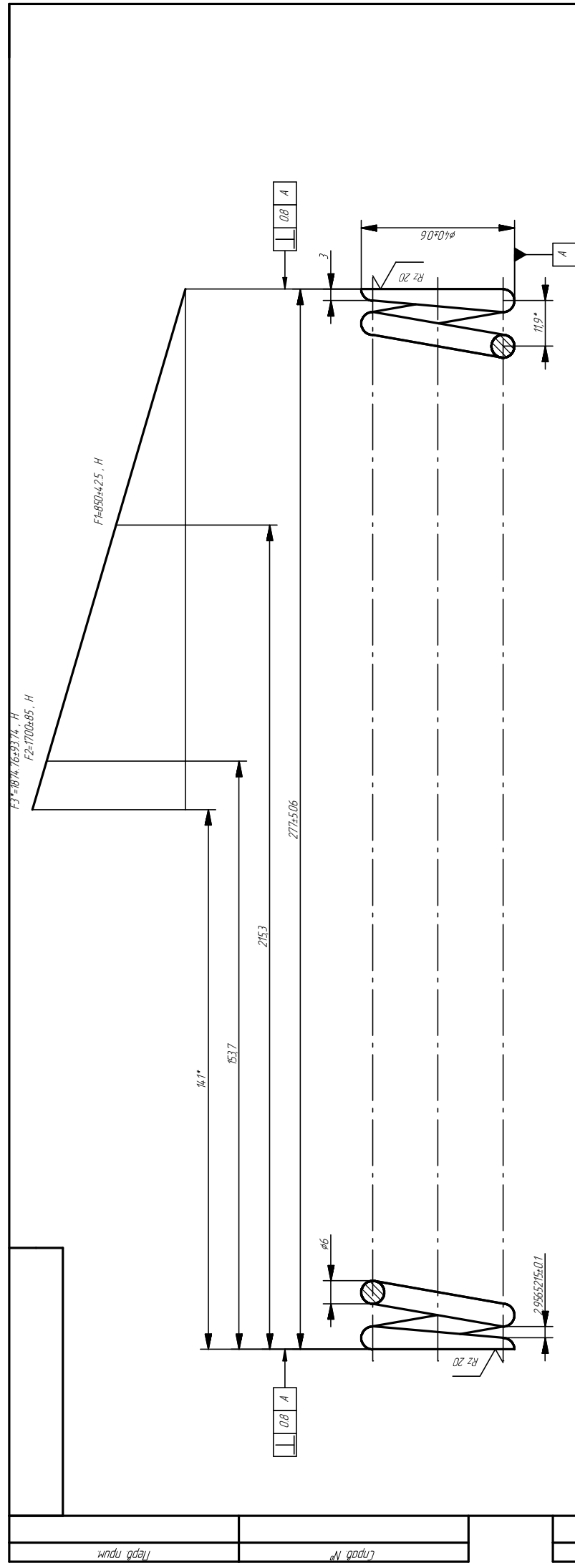
Допуск. напряжение сдвига	80.	[МПа]
Предел выносливости	Не задано	[МПа]
Число опорных витков	1.	[-]
Число обработанных витков	1.5	[-]
Модуль упругости	Не задано	[МПа]
Коэффициент Пуассона	Не задано	[-]

Результаты:

Фактический индекс пружины	5.67	[-]
Средний диаметр пружины	34.	[мм]
Наружный диаметр пружины	40.	[мм]
Диаметр проволоки	6.	[мм]
Сила при максимальной деформации	1874.76	[Н]
Число рабочих витков	23.	[-]
Рабочий ход	61.66	[мм]
Длина пружины в свободном состоянии	277.	[мм]
Длина пружины при предвар. нагрузке	215.34	[мм]
Длина пружины при рабочей нагрузке	153.68	[мм]
Длина пружины при макс. нагрузке	141.	[мм]
Длина развертки пружины	2578.78	[мм]
Длина заготовки пружины	2759.29	[мм]
Шаг в свобод. состоянии	11.91	[мм]
Шаг в нагруженном состоянии	8.68	[мм]
Деформация при предварительной нагрузке	61.66	[мм]
Деформация при рабочей нагрузке	123.32	[мм]
Деформация при максимальной нагрузке	136.	[мм]

APM Spring results (page: 2)

Угол подъема винтовой линии	6.36	[град]
Потенциальная энергия	52.41	[Дж]
Допустимое напряжение сдвига	80.	[МПа]
Коэффициент запаса на выносливость	0.89	[-]
Коэффициент запаса статической прочности	0.97	[-]
Устойчивость пружины	Пружина не устойчива	[-]
Критическая скорость	2.53	[м/с]



Модуль сдвига G^* 76923 МПа
 Твердость HRC 46
 Напряжение касательное при кручении (максимальное) τ^{854} МПа
 Число рабочих влеков n 23
 Число влеков полное $n1$ 24
 Направление навивки Правое
 Диаметр контрольного стержня Dc 27.1 мм или диаметр контрольной гильзы Dg 41.4 мм
 Остальные технические требования по ГОСТ 2.401-68
 *Размеры и параметры для справок

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Разраб.				
Проб.				
Г. контр.				
Н. контр.				
Учб.				
Лит	Масса	Масштаб		
			Лист	Листов

3 Дослідницька частина

3.1 Призначення та конструкції пружин

Пружина як пружний елемент - деталь, що призначена для поглинання і віддачі механічної енергії шляхом використання сил пружності її деформованого стану. Пружини мають широке застосування в сучасних машинах, верстатах, приладах [16, 24]. У конструкціях багатьох механізмів можуть бути десятки і сотні пружин, які виконують відповідальні і складні функції, а саме:

- створюють задані постійні сили - початкового стиску або на-тягу в передачах тертям, гальмах, фрикційних муфтах, клапанах, запобіжних пристроях, підшипниках; урівноважують сили важко-сті та інші сили;

- виконують функції двигуна завдяки попередньому акумулюванню енергії шляхом заводу (пружини приладів точної механіки, наприклад, годинників);

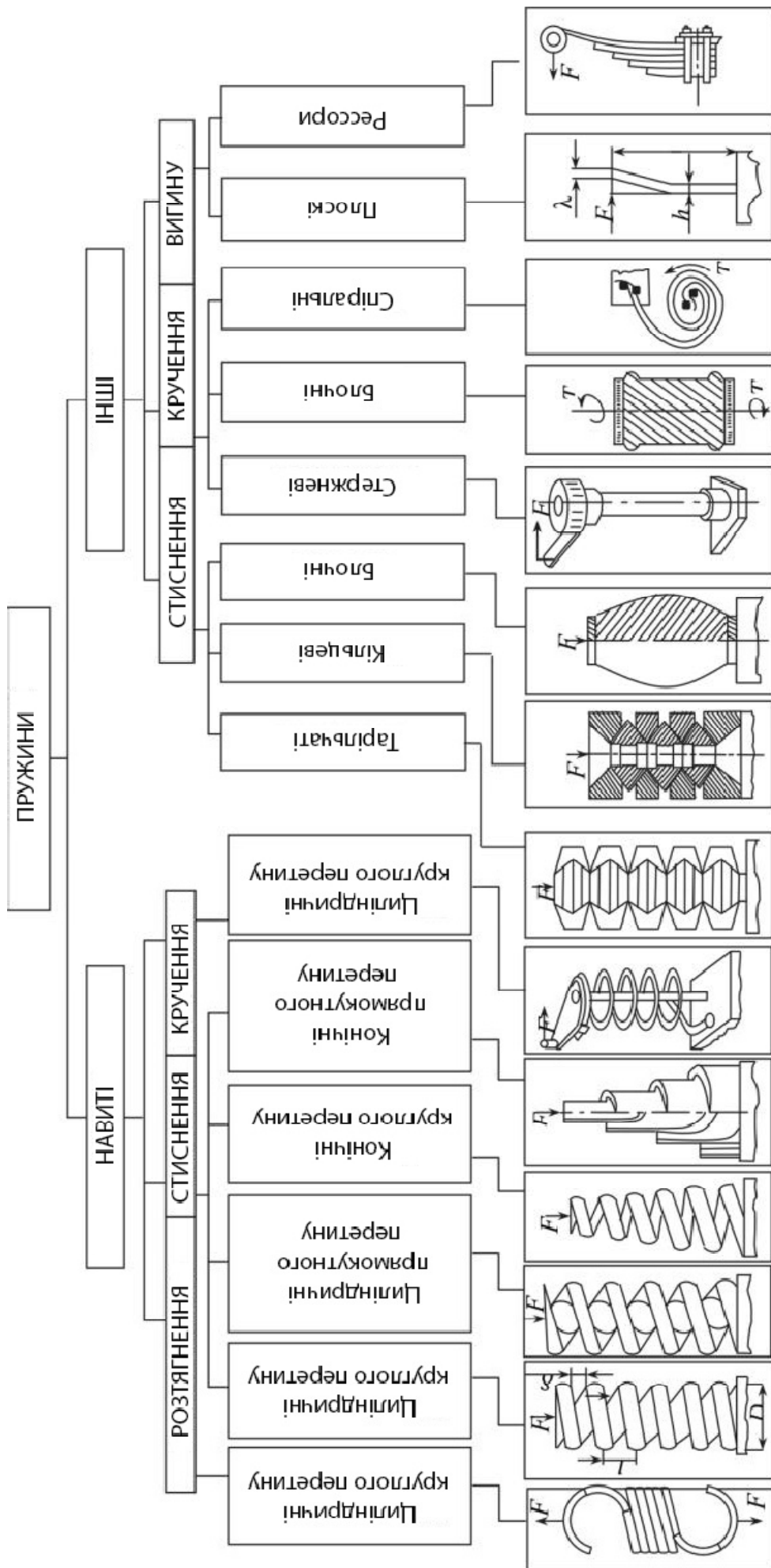
- здійснюють силове замикання кінематичних пар, в основному кулачкових, щоб позбутися впливу люфтів (проміжків) на точність переміщень або спростити конструкцію механізмів;

- служать як віброізолятори чи амортизатори в транспортних машинах - автомобілях, вагонах, приладах, опорах машин;

- приймають енергію ударів (буферні пружини вагонів, артилерійських гарматах тощо); завдяки пружним елементам енергія удару поглинається на великих переміщеннях, і сила удару відповідно зменшується; буферні та віброізоляційні пружини на відміну від попередніх акумулюють не корисну, а шкідливу для роботи машини енергію;

- служать для вимірювання сил, температур, переміщень, які спричинюють пружні деформації пружин (у вимірювальних приладах).

Нижче подано загальну схему класифікації пружин.



Загальна схема класифікації пружин

За видом навантаження розрізняють пружини розтягу, стиску, кручення та згину, а за формою та конструкцією - на гвинтові та іншої форми (рис. 3.1, 3.2). Найпоширенішими є виті циліндричні гвинтові пружини роз-тягу і стиску, які виготовляються з дроту круглого перерізу (діа-метр дроту умовно до 10 мм). Але коли діаметр заготовки сягає 100 мм і більше, то це вже не дріт, а спеціальний прокат круглого перерізу (пружини-амортизатори ракетних установок).

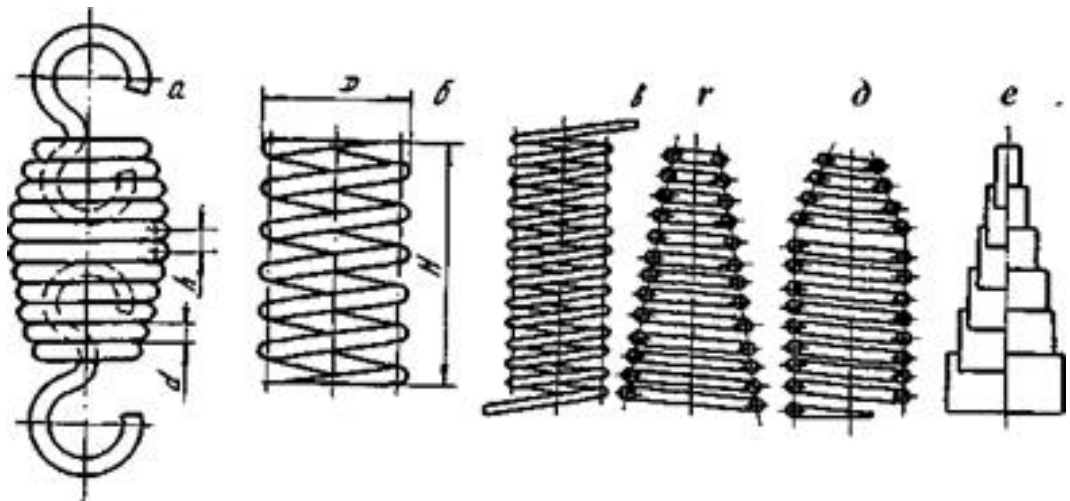


Рисунок 3.1 - Виті пружини: (циліндричні) *a* - розтягу, *б* - стиску, *в* - кручення (фасонні); *г*, *д*, *е* – стиску

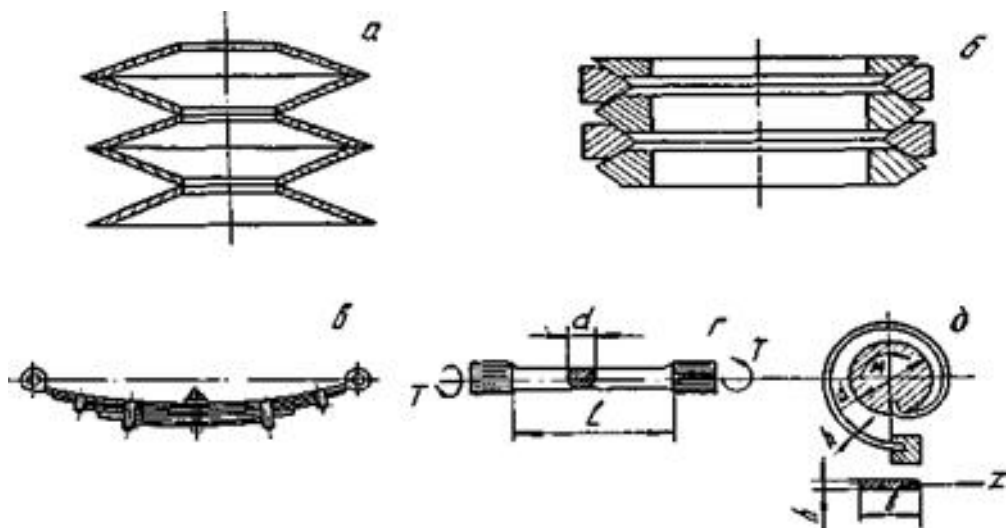


Рисунок 3.2 - Спеціальні пружини: *a* - тарілчасті та *б* - кільцеві (стиску); *в* - листові зі штаб (згину); *г* - торсійні (вали) та *д* - спіральні (кручення)

Пружини розтягу (рис. 3.1, а), як правило, навивають без просвітів між витками, а у більшості випадків — з початковим натягом (тиском) між витками, який частково компенсує зовнішнє навантаження.

Натяг звичайно складає $(0,25 - 0,3)F_{гр}$, де $F_{гр}$ - граничне зусилля для пружини, при якому повністю вичерпуються пружні властивості матеріалу.

У конструкціях пружин розтягу передбачені зачіпки - кінцеві відігнуті витки (рис. 3.3), якими ці пружини сприймають зовнішнє навантаження (для пружин діаметром до 10 мм). Витки-зачіпки мають високу концентрацію напруг у місцях відгину і зменшений втомний опір.

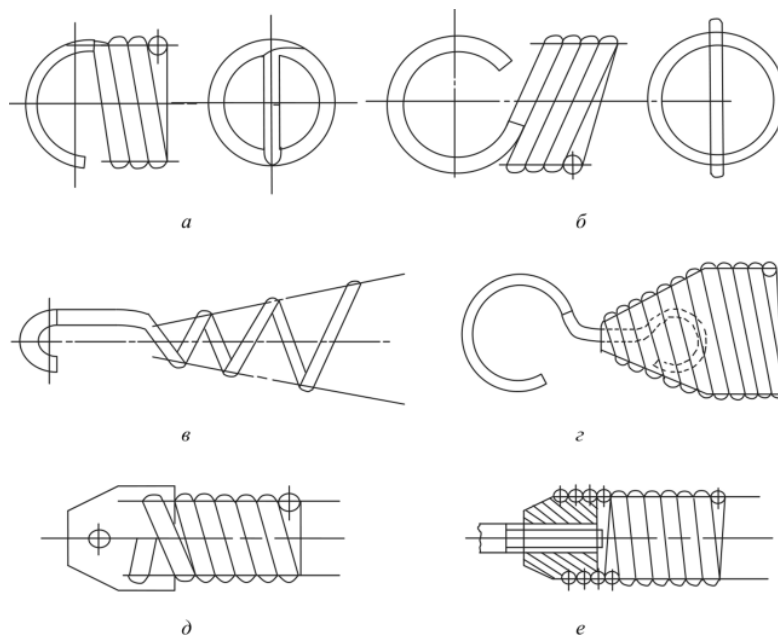


Рисунок 3.3 - Зачіпки пружин розтягу

Пружини стиску (рис. 3.1, б) навивають з просвітом між витками, який повинен на 10-20% перевищувати осьові пружні переміщення кожного витка при найбільшому зовнішньому навантаженні.

Для створення опорних площин кінцеві витки пружин стиску підтискуються до сусідніх і їх зішліфовують перпендикулярно осі.

Співвісність пружин зі спряжуваними деталями забезпечується встановленням опорних витків у спеціальні тарілки, у розточки корпуса, рівці. Так само центрують і концентричні пружини (рис. 3.4). Якщо пружини довгі, то

вони під навантаженням втрачають стійкість (роздаються). Тому такі пружини ставлять на спеціальні оправки або в стакани.

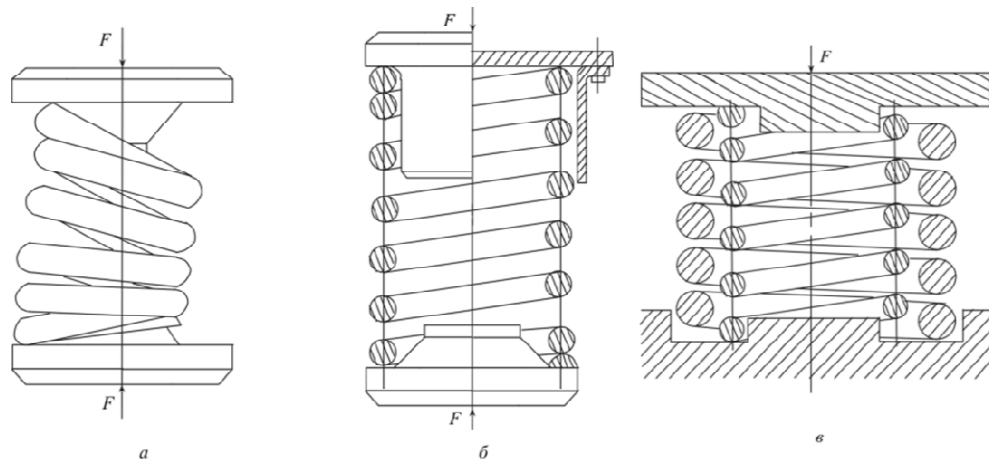


Рисунок 3.4 - Способи установки пружин стиснення: а - без оправлення; б - на оправці або в склянці; в – складові

Пружини кручення. Конструктивно виті циліндричні пружини кручення (рис. 3.1,в) аналогічні витим пружинам розтягу і стиску. Щоб уникнути тертя при навантаженні їх навивають з не-великим просвітом (в межах 0,5 мм). Вони мають особливі при-чепи (кінці) для передачі пружині закручувального моменту. Ці пружини зазвичай встановлюють на оправках.

Основні геометричні параметри пружини (рис. 3.5): діаметр дроту d або розміри перерізу; середній діаметр D_0 ; індекс $C = D/d$; h - крок витків ненавантаженої пружини ($h = d$ - для пружини розтягу, рис. 3.1,а); зовнішній діаметр пружини $D = D_0 + d$; довжина (висота) ненавантаженої пружини h , довжина (висота) робочої частини ненавантаженої пружини H_p ; кількість робочих витків $i = H_p/h$; кут підняття витків ($\tan \alpha = h/(D_0)$); довжина дроту для виготовлення пружини.

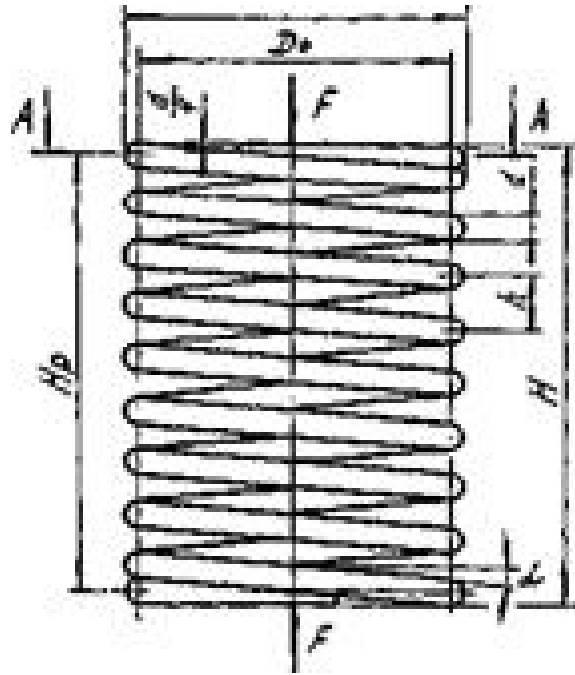


Рисунок 3.5 - Конструкція пружини стиску та її параметри

Індекс пружини характеризує кривину витка. Пружини з індексом $C < 3$ через велику концентрацію напруг у витках застосовувати не рекомендується.

Оскільки податливість циліндричних пружин пропорційна їхньому індексу C , то для збільшення податливості індекс C приймають щонайбільшим. Проте практичне застосування мають пружини з індексом $C = 4-12$. Індекс пружини вибирають залежно від діаметра дроту.

3.2 Матеріали пружин

До матеріалів пружин ставляться вимоги: високі і стабільні у часі пружні властивості; достатня міцність та стійкість проти втомного руйнування; при роботі в умовах підвищених температур - задовільна термостійкість; достатня пластичність; задовільна корозійна стійкість.

Матеріали дроту для пружин стандартизовані. Це сталі: інструментально-пружинні У8А, У9А, У10А, У11А, У12А,; високовуглецеві та марганцеві 65, 70, 75, 65Г, 55ГС; спеціальні ресорно-пружинні кремнієві 55С2, 60С2, 60С2А, 70С3, 70С3А, хромомарганцеві 50ХГ, 50ХГА, хромованадієва 50ХФА, хромовольфрамова 50ХВА, кремнієвольфрамова 65С2ВА, кремнієхромованадієва 60С2ХА, кремнієнікелева 60С2Н2А.

Для пружин, які працюють в хімічно-активному середовищі, застосовують кольорові матеріали - бронзи: берилієві БрБ-2, кремніємарганцеву БрКМЦЗ-1 та цинцинкову Бр04ЦЗ. Найкращою є берилієва бронза як універсальний матеріал для пружних елементів.

Зауважимо, що вуглецеві та кремнієві сталі мають низьку прожарюваність, а тому застосовуються для пружин малих перерізів. Марганцеві сталі мають більшу прожарюваність, але чутливі до перегріву при гартуванні. Хромомарганцеві, хромованадієві і хромокремніємарганцеві сталі мають високу міцність при дії змінних напруг, а тому знаходять застосування для пружин відповідального призначення.

Заготовками для пружин мають бути дріт, стрічка, пруток та штаба з матеріалів, про які йшлося вище.

Для виготовлення пружин найчастіше застосовують сталевий вуглецевий дріт діаметром до 8 мм. Цей дріт випускають трьох основних класів: нормальної міцності III, підвищеної міцності II та високої міцності I.

Пружини з дроту діаметром 8-10 мм виготовляють холодною навивкою переважно з дроту, який пройшов термообробку, і після навивки піддають тільки відпуску. Пружини більших перерізів навивають у гарячому стані, потім загартовують.

Пружини, для яких робоче навантаження постійне або змінюється з обмеженою кількістю циклів, потрібно попередньо пружно-пластично деформувати - заневолювати.

Це робиться наступним чином: протягом 10 - 50 годин пружини навантажують зусиллям (у напрямі дії робочого навантаження), яке спричинює напругу, вищу від границі пружності. Тоді в результаті заневолювання зовнішні волокна витків дістають залишкові деформації. Після цього у ненавантаженій пружині зовнішні волокна витків під час взаємодії з внутрішніми дістають залишкові напруги протилежного знаку відносно робочих напруг. Якщо навантажувати ці пружини робочим зусиллям, то залишкові напруги частково компенсують робочі напруги, а це підвищує тримкість пружин до 25%. Щоб

запобігти корозії сталевих пружин, використовують покриття - цинкування, хромування, фосфатування, нікелювання тощо.

3.3 Розрахунки циліндричних пружин розтягання й стиску

Циліндрична кручена пружина (рис. 3.6) являє собою гвинтовий стрижень. Позначимо: D і D_H – середній і зовнішній діаметри пружини; d – діаметр дроту; $c = D/d$ – індекс пружини; t – крок пружини; α кут підйому витків; L_0 – довжина розгорнутої пружини (без обліку зачепів пружини) [14].

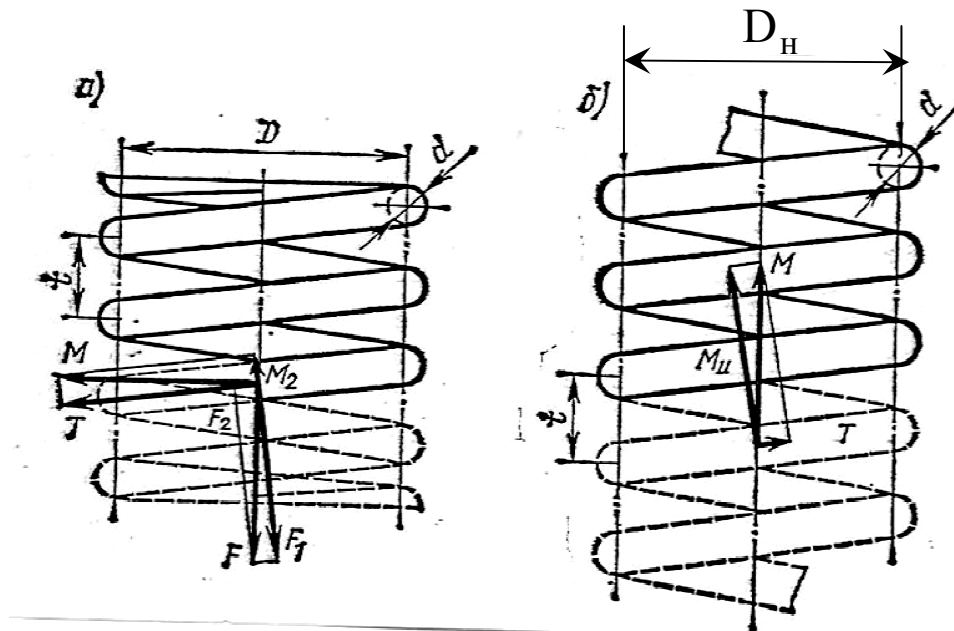


Рисунок 3.6 - До розрахунку пружин

При розрахунках пружини заданими є зовнішнє навантаження й осадку; необхідно визначити діаметри d , D і кількість робочих витків n .

При прикладанні до пружини осьової сили F в поперечному перерізі витка, нахиленому до осі пружини під кутом α , виникають:

- ✓ поперечна сила $F \cos \alpha$;
- ✓ нормальна сила $F \sin \alpha$;

✓ крутний момент $T = FD \cos \frac{\alpha}{2};$

✓ згинальний момент $M_{\text{И}} = FD \sin \frac{\alpha}{2}.$

Кут $\alpha < 10...12^\circ$ і при розрахунках пружин на міцність ураховують лише крутний момент $T = FD/2$. Значення індексу C пружини ухвалюють залежно від діаметра дроту:

d , мм	<2,5	3...5	6...12
c	5...12	4...10	4...9

Дотичні напруження від крутного моменту

$$\tau_T = \frac{T}{W} = \frac{8FD}{\pi d^3},$$

де $W = \pi d^3 / 16$ – полярний момент опору для круглого перетину.

Дотичне напруження від сили F

$$\tau_F = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi d^2}.$$

Результуюча напруга для внутрішнього волокна

$$\tau = \tau_T + \tau_F = \frac{4F}{\pi d^2} \left(1 + \frac{2D}{d} \right).$$

Тому що $2D/d$ для пружин у кілька раз більше одиниці, то ухвалюють

$$\tau = \frac{8KFD}{\pi d^3} = \frac{8KFc}{\pi d^2} \leq [\tau],$$

де $[\tau] = [\sigma_{\text{н}}]/1,25$ – допустиме напруження, що допускається, при розрахунках пружини на крутіння; K – коефіцієнт впливу на напругу кривизни витків і поперечної сили; F – максимальна розтягувальна або стискаюча сила.

Коефіцієнт K ухвалюють залежно від індексу пружини

c	4	5	6	8	10	12
K	1,37	1,29	1,24	1,17	1,14	1,11

При проектувальному розрахунках пружини діаметр дроту та значення індексу C пружини задають.

Діаметр d дроту погоджують із відповідним ДСТУ для пружинного дроту.

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{FKc}{[\tau]}}$$

Середній діаметр D пружини й зовнішній діаметр $D_{\text{н}}$ визначають по формулах

$$D = cd; \quad D_{\text{н}} = D + d.$$

Жорсткість пружини визначають по формулі

$$C = (F_2 - F_1)/h,$$

де $F_1 = (0,1 \dots 0,5)F_2$ – сила пружини при попередній деформації, а F_2 – при робочій деформації; h – робочий хід пружини, значення якого призначають або обчислюють за умовою роботи механізму.

Величина C , дорівнює навантаженню, що викликає осадку $\lambda=10\text{мм}$ називається жорсткістю пружини. Приведені формули справедливі для циліндричних пружин з малим шагом витків, - якщо кут навивки $\alpha = 10^\circ - 15^\circ$

Максимальна сила пружини

$$F_3 = (1,05 \dots 1,66)F_2.$$

Жорсткість одного витка пружини

$$C_1 = \frac{Gd}{8c^3},$$

де $G = 80000 \text{ МПа}$ – модуль зрушення матеріалу дроту пружини й для сталеві пружини

$$C_1 = 10^4 d / c^3,$$

де C_1 – в Н/мм; d – в.мм

Число робочих витків пружини

$$n = C_1 / C.$$

Повне число витків

$$n_1 = n + n_2,$$

де $n_2 = 1,5 \dots 2$ – число опорних витків.

Деформація пружини

$$\lambda = F / C.$$

Також деформацію гвинтової пружини може бути розраховано, по формулі:

$$\lambda = \frac{8 \cdot F \cdot D^3 \cdot n}{G \cdot d^4}$$

де F - осьове навантаження;

D - середній діаметр витків пружини;

n - число витків пружини;

G - модуль зсуву;

d - діаметр проволочи пружини.

Ця формула наближена, оскільки при її виводі не були враховані впливи поперечної сили, кривизни стержня, кута підйому витків і інші другорядні чинники. Щоб переконатися в тому, що отримувані результати цілком придатні для практичного використання, потрібно виміряти осідання пружини при заданих навантаженнях дослідним шляхом і співставити з величиною осадки пружини, розрахованою за цією формулою [24].

Максимальна деформація одного витка пружини при максимальній силі $F = F_3$

$$\lambda'_3 = \lambda_3 / n.$$

Крок пружини в ненавантаженому стані:

- ✓ для пружини стиску $t = \lambda'_3 + d$;
- ✓ для пружини розтягання $t = d$.

Висота пружини при максимальній деформації

$$H_3 = (n_1 + 1 - n_3) \cdot d,$$

де n_3 – число зашліфованих витків.

Висота пружини у вільному стані:

- ✓ для пружини стиску $H_0 = H_3 + \lambda_3$;
- ✓ для пружини розтягання $H_0 = (n_1 + 1) \cdot d$.

Довжина розгорнутої пружини (без обліку зачепів пружини розтягання)

$$L \approx 3,2Dn_1.$$

Графічна залежність між навантаженням і деформацією (характеристика пружини розтягання) показано на рисунку 3.7. Для забезпечення можливості регулювання кінцевої довжини пружини $H_{\text{кон}}$ вибирають на 5-10 % менше граничної довжини $H_{\text{пред}}$. Регулювальний хід позначено δ_p .

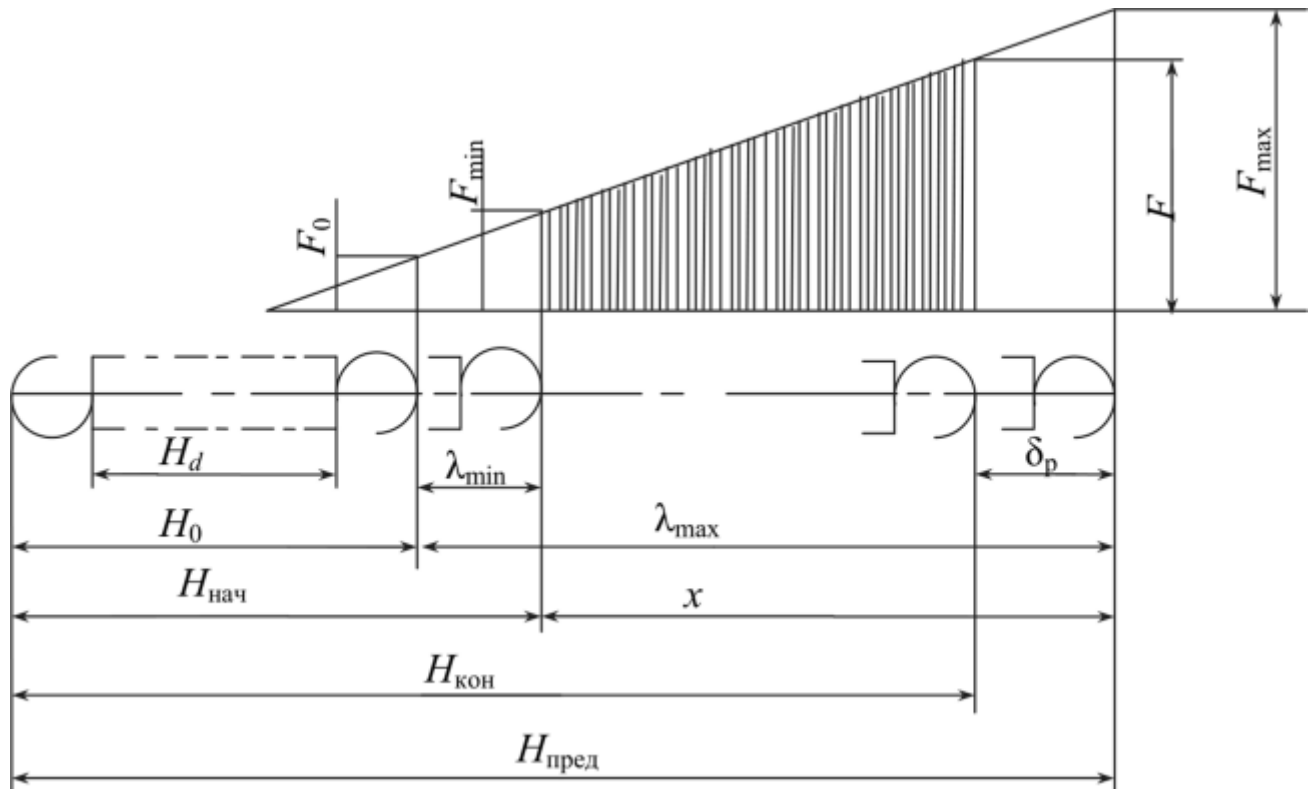


Рисунок 3.7- До розрахунків циліндричних пружин розтягання

Загальна деформація пружин $X = H_{\text{кон}} - H_0$. Внаслідок того, що пружину встановлюють у вузол у трохи натягнутому стані, що відповідає довжині $H_{\text{нач}}$, то робочий хід

$$x = H_{\text{пред}} - H_{\text{нач}}$$

або

$$x = \lambda_{\text{max}} - \lambda_{\text{min}}$$

Довжина розвантаженої пружини $H_0 = H_d + (1...2)D$ залежно від конструкції причепів, за допомогою яких її встановлюють у вузол; $H_d = n_d \cdot d$ довжина, зайнята витками, коли пружина повністю стиснута.

Характеристика пружини стиску представлено на рисунку 3.8.

Граничне навантаження F_{lim} стискає пружину до зіткнення витків. Початкову (настановну) навантаження, що забезпечує щільне прилягання підгорнутих опорних витків пружини до деталей вузла, вибирають у межах

$$0,1 F_{\text{max}} \leq F_{\text{min}} \leq 0,5 F_{\text{max}}.$$

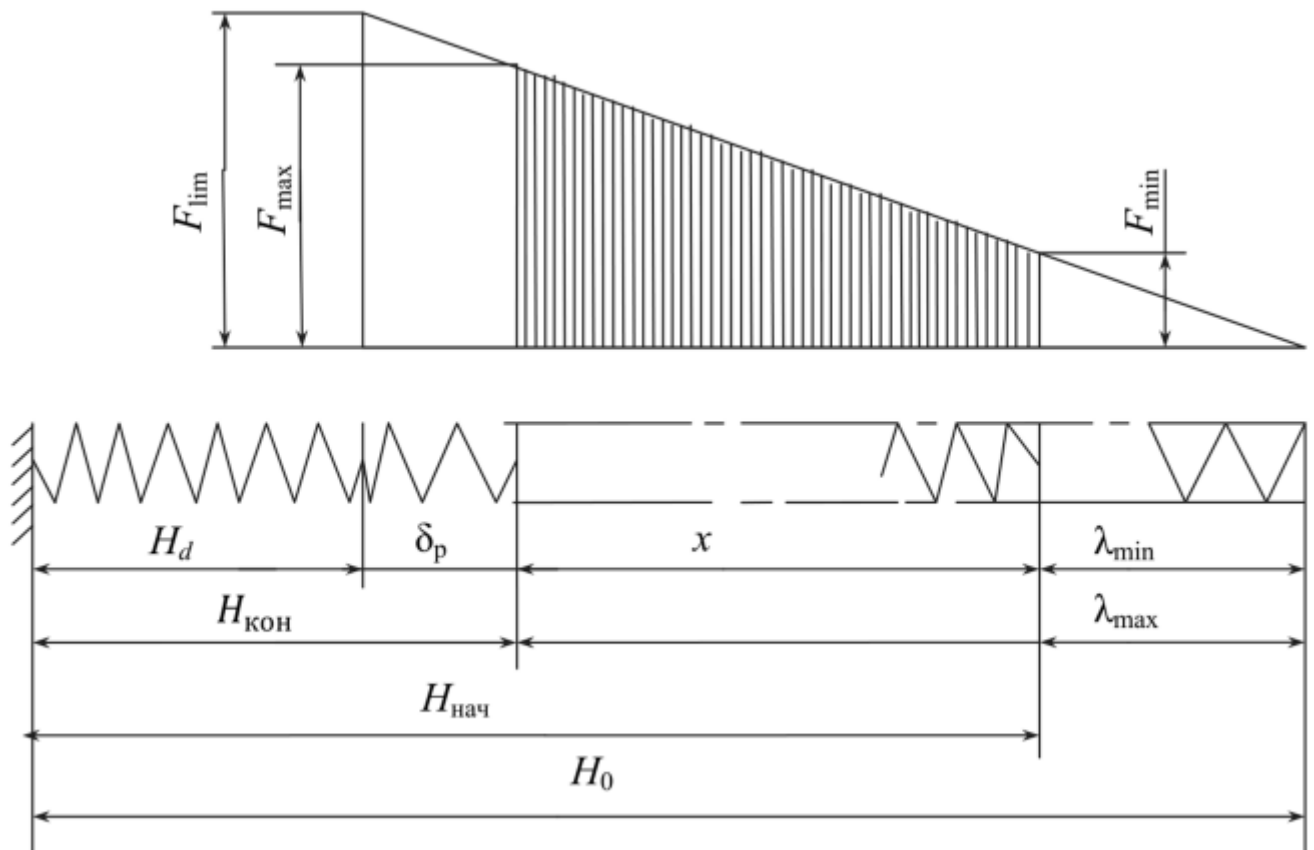


Рисунок 3.8 - До розрахунків циліндричних пружин стиску

Опорні («мертві») витки пружин повинні бути ретельно оброблені по опорних площинах. Загальна висота опорних витків - $0,5d$. Довжина пружини, стислої до зіткнення витків,

$$H_d = (n_0 - 0,5) d,$$

де $n_0 = n \pm (1,5 \dots 2)$ - повне число витків, ураховуються підгорнуті витки;

n - число робочих витків:

Крок при $F = 0$:

$$H_0 = Hd + n(t - d).$$

$$t = d + (1, 1 \dots 1, 2) \lambda_{\max} / n.$$

3.4 З'єднання пружин

а) Розглянемо паралельне з'єднання пружин. Позначимо подовження пружин x_1 і x_2 , x - переміщення вантажу.

$$x_1 = x_2 = x, \quad \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

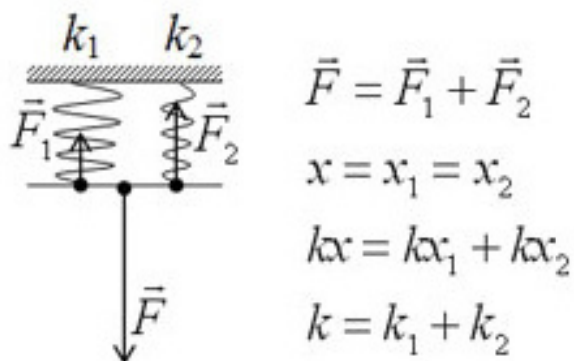
Тоді дві пружини можна замінити однієї пружиною твердістю k , подовження якої x .

Одержимо за законом Гука: $F = -kx$

$$kx = k_1x_1 + k_2x_2, \quad k = k_1 + k_2.$$

Отже, при паралельному з'єднанні пружин загальна твердість

$$k = k_1 + k_2.$$



б) Розглянемо послідовне з'єднання пружин. У цьому випадку по 3-йому закону Ньютона і переміщення вантажу.

$$|\vec{F}| = |\vec{F}_1| = |\vec{F}_2|$$

$$x = x_1 + x_2$$

Із закону Гука виразимо подовження

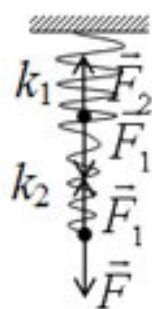
$$x = \frac{|F|}{k}$$

і запишемо

$$\frac{|F|}{k} = \frac{|F_1|}{k_1} + \frac{|F_2|}{k_2}.$$

Одержимо, що при послідовному з'єднанні загальна твердість двох пружин

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$



$$\vec{F} = \vec{F}_1 = \vec{F}_2$$

$$x = x_1 + x_2$$

$$\frac{F}{k} = \frac{F_1}{k_1} + \frac{F_2}{k_2}$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

3.5 Методика проведення лабораторного дослідження.

Прилади й приналежності: лабораторна установка ДП-6 (рис. 3.9). Установка складається з литої підстави 7, до верхньої площини якого кріпляться черв'ячний редуктор 2 і трубчаста колонка 3. На колонку змонтовані робоча рамка й вимірювальні пристрої [24].

Черв'як редуктора 2, на кінці якого закріплений маховик 4, черв'ячне колесо й ходовий гвинт розташовано усередині колонки 3.

При обертанні маховика 4 ходовий гвинт переміщає уздовж осі колонки 3 втулку 5, з'єднану з гайкою. На втулку 5 посаджений кронштейн 6, який переміщують вручну уздовж втулки, фіксують у потрібному положенні ручкою 7. На кронштейні 3 закріплені нижній гачок 8 (для пружин розтягання) і верхня східчаста опора 9 (для пружин стиску).

Робоча рамка являє собою верхню 10 і нижню 11 траверси, з'єднані між собою двома плоскими металевими смугами 12. До верхньої траверси 10 прикріплені поперечини 13, у нижній частині яких встановлено дві кульки, що впираються в плоску вимірювальну пружину 14. Верхня траверса 10 з верхнім гачком 15 для пружин розтягання закріплено на колонку 3 за допомогою металевої пластинки.

Нижня траверса 11 має два отвори, у які входять із зазором два напрямні штифти, закріплених на планці, встановленої на верхній частині корпусу редуктора. У верхній частині колонки 3 закріплений кронштейн 16 з індикатором годинного типу 18, головка якого впирається у вимірювальну плоску пружину 14. При переміщенні кронштейна пружину, встановлену на опорах або гачках, випробовують на зусилля стиску або розтягання. Ці зусилля передаються робочій рамці, яка надавлює на вимірювальну пружину 14 і деформує її. Пружина попередньо тарується, і визначається ціна одного розподілу індикатору 18, відповідна до певного зусилля.

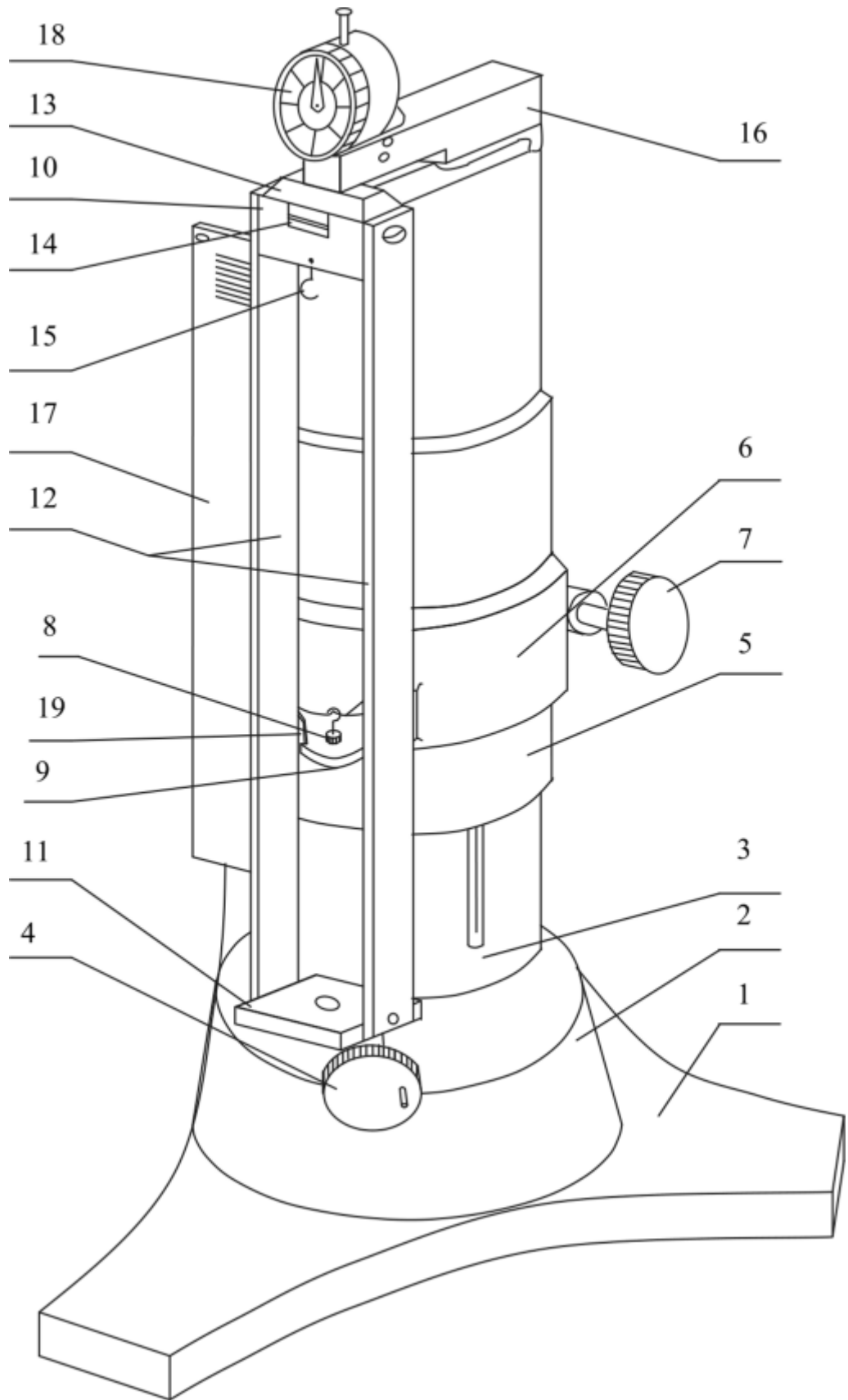


Рисунок 3.9 - Прилад для дослідження пружин розтягання й стиску

По відхиленню стрілки індикатору визначають зусилля, що діють на пружини. Паралельно осі колонки закріплені масштабна лінійка 17, на кронштейні 6 - ноніус 19, які дозволяють вимірювати деформацію пружини з точністю до 0,1 мм.

Установка типу ДП-6 дозволяє виконувати роботу у двох варіантах:

1) для пружин розтягання; 2) для пружин стиску.

Тарування вимірювальної пружини:

а) установити стрілку індикатору 18 у нульове положення при відсутності вантажу;

б) зняти з нижньої траверси східчасту опору;

в) на центр траверси послідовно встановити вантажі в 1, 2, 3, 4 кг, фіксуючи при цьому відхилення стрілки індикатору після установки кожного вантажу окремо; східчаста опора повинна лежати на траверсі, тому що входить у загальну вагу;

г) визначити ціну розподілу індикатору (кожне показання знімати 3 рази й розрахункове брати за середнє).

Ціна розподілу індикатору

$$e = \frac{1}{3} \left[\frac{F_2 - F_1}{K_{2\text{ср}} - K_{1\text{ср}}} + \frac{F_3 - F_2}{K_{3\text{ср}} - K_{2\text{ср}}} + \frac{F_4 - F_3}{K_{4\text{ср}} - K_{3\text{ср}}} \right],$$

де F_1, F_2, F_3, F_4 - вага вантажу 1-4 кг;

$K_{1\text{ср}}, K_{2\text{ср}}, K_{3\text{ср}}, K_{4\text{ср}}$ - середнє показання індикатору при вантажі в 1 - 4 кг;

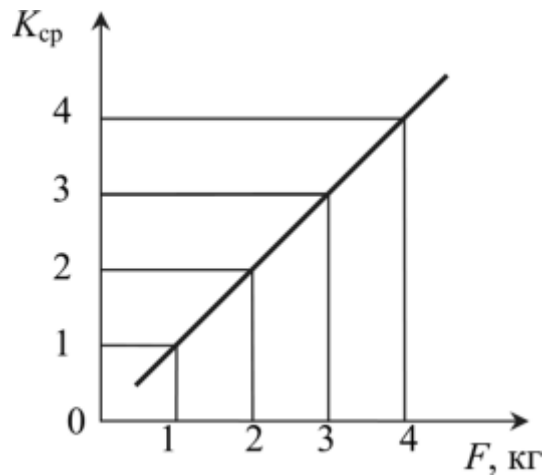


Рисунок 3.10 - Тарувальний графік

Визначення залежності деформації пружин від зміни прикладеного осьового зусилля (деформація пружини є функцією основного навантаження):

- а) для випробування пружин розтягання кронштейн 6 перемістити у верхнє положення й закріпити;
- б) на гачки підвісити пружину розтягання № 5 і виставити на нуль;
- в) обертанням маховика 4 злегка завантажити пружину для надійного контакту її з гачками (відхилення стрілки індикатору на 3-6 розподілів);
- г) зняти показання з масштабної лінійки й ноніуса;
- д) обертуючи маховик 4, навантажити пружину осьовий силою східчасто ($F = 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4$ кг), знімаючи щораз показання з масштабної лінійки й ноніуса й записуючи їх; показання індикатору при даних значеннях сили побрати з побудованого тарувального графіка;
- е) побудувати графік залежності деформації від прикладеної сили (рис. 3.11), якщо деформація $X = N_{\text{кон}} - N_0$ і робочий хід $x = N_{\text{кон}} - N_{\text{нач}}$, де $N_{\text{нач}}$ - довжина пружини при навантаженні її на 3-6 розподілів індикатору.

Для випробування пружини стиску кронштейн установити в нижнє положення. Пружина стиску установлюється на опорах, і випробування проводиться відповідно до випробування пружин розтягання.

Визначення залежності деформації пружин розтягання від зміни геометричних параметрів.

1. Визначення залежностей деформації пружини від зміни кількості витків n при d , D мм і F_{const} :

- а) обрати пружину розтягання № 1;
- б) установити її на гаки, виставити індикатор на нуль;
- в) навантажити на 3-5 розподілів індикатору, зняти показання з масштабної лінійки й ноніуса.
- г) обертанням маховика 4 навантажити осьовий силою F , зняти показання з масштабної лінійки й ноніуса;
- д) обрати пружину розтягання № 2 і виконати для неї пункти «б», «г»;
- е) обрати пружину розтягання № 3 і виконати для неї пункти «б», «г»;
- ж) побудувати графік залежності деформації пружини від зміни кількості витків при постійних значеннях d , D , F (рис. 3.12).

2. Визначення залежності деформації пружини від зміни середнього діаметра пружини D при постійних d, n, F

- а) обрати пружини розтягання № 1; 2; 3 і виконати послідовно пункти від «б» до «г», для кожної пружини записуючи дані;
- б) побудувати графік залежності деформації пружини від зміни середнього діаметра (рис. 3.13).

3. Визначення залежності деформації пружини від зміни діаметра дротів d при постійних значеннях D, n і F :

- а) обрати пружини розтягання № 1; 2; 3;
- б) виконати виміру згідно п.1 («б»-«г») для кожної пружини, фіксуючи дані;
- в) побудувати графік залежності деформації пружини від зміни діаметра дроту при постійних D, n і F (мал. 4.6.13).

4. Визначення залежності деформації пружин стиску від зміни одного з параметрів.

Послабивши кріплення кронштейна 6, ручкою 7 установити його в нижнє положення й закріпити. Пружини стиску встановити на східчасті опори 9.

а) Визначення залежності деформацій пружини від зміни кількості витків при постійних d , D та F . Обрати пружини № 1, 2, 3 і для кожної з них виконати п. 1 (е, г, ж), дані записати.

б) Визначення залежності деформації пружини від зміни середнього діаметра пружини при постійних d , D та F .

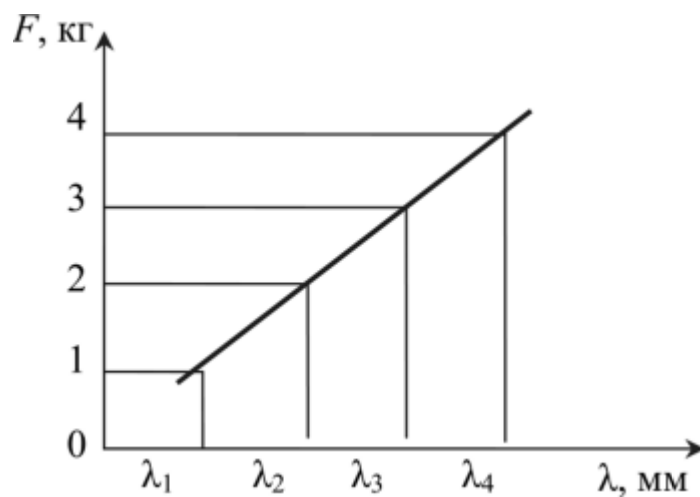


Рисунок 3.11 - Залежність деформації від сили

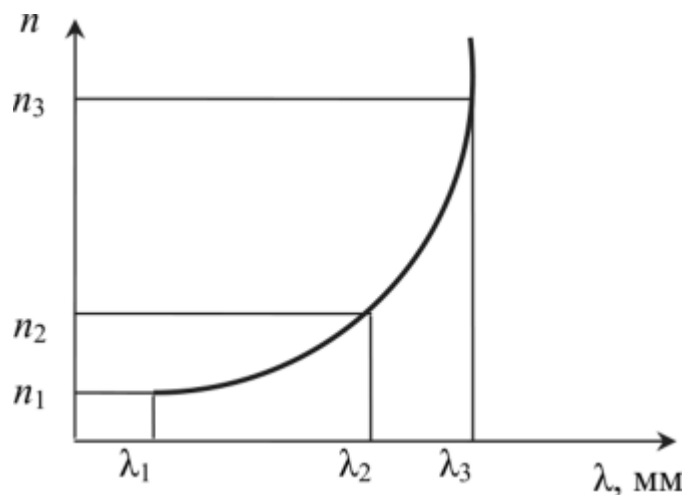


Рисунок 3.12 - Залежність деформації від числа витків

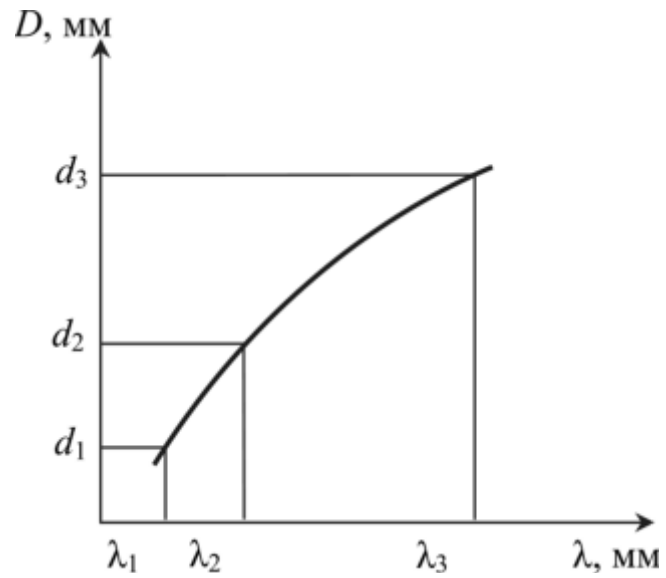


Рисунок 3.13 - Залежність деформації пружини від зміни її середнього діаметра

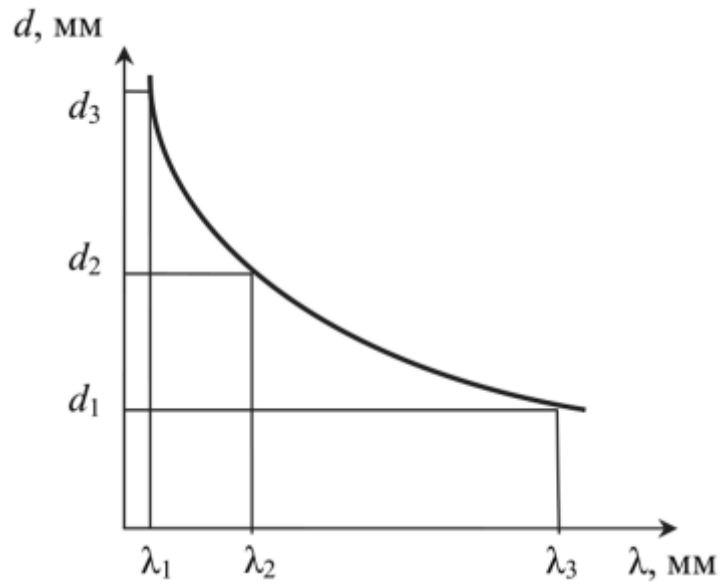


Рисунок 3.14 - . Залежність деформації пружини від діаметра дроту

3.6 Удосконалення конструкції візка

Основним недоліком у роботі волочильного стана є нерівномірна витяжка ланцюгів, що приводить до підвищеного зношування направляючих і при не належному обслуговуванні, в остаточному підсумку, до заклинювання візка й обриву ланцюга.

Для компенсації нерівномірної витяжки ланцюгів і бічних зусиль візка, що виникають при волочінні крайньої нитки у випадку обриву або не захвата середнього прутка, пропонується встановити зрівняльний пристрій у місці з'єднання візка з тяговими ланцюгами, що складається із двох важелів підтягуваних пружинами розтягнення. Важелі мають криволінійну поверхню контакту що забезпечує компенсацію витяжки ланцюга (рис. 3.15).

На відміну від звичайних траверс, що служать для з'єднання ланцюгів з візками дволанцюгових станів, врівноважувальний пристрій дозволяє зменшити бічні зсуви й перекося візка.

Також практика показала, що при виготовленні механізмів виникають відхилення від заданих параметрів, що ускладнює монтаж пальців, що з'єднуються шарнірно, а іноді призводить і до неможливості монтажу без доробки вузлів.

З метою усунення цих недоліків доцільно удосконалити шарнірне з'єднання, замінивши в ньому палець, що вставляється у вушко, на шарнірний підшипник типу ШС за ГОСТ 3635-78; у посадковий отвір цього підшипника монтується палець, утворюючи шарнірне з'єднання.

Все це дозволить зібрати вузол без його доробки, що значно скоротить витрати на впровадження механізму в роботу.

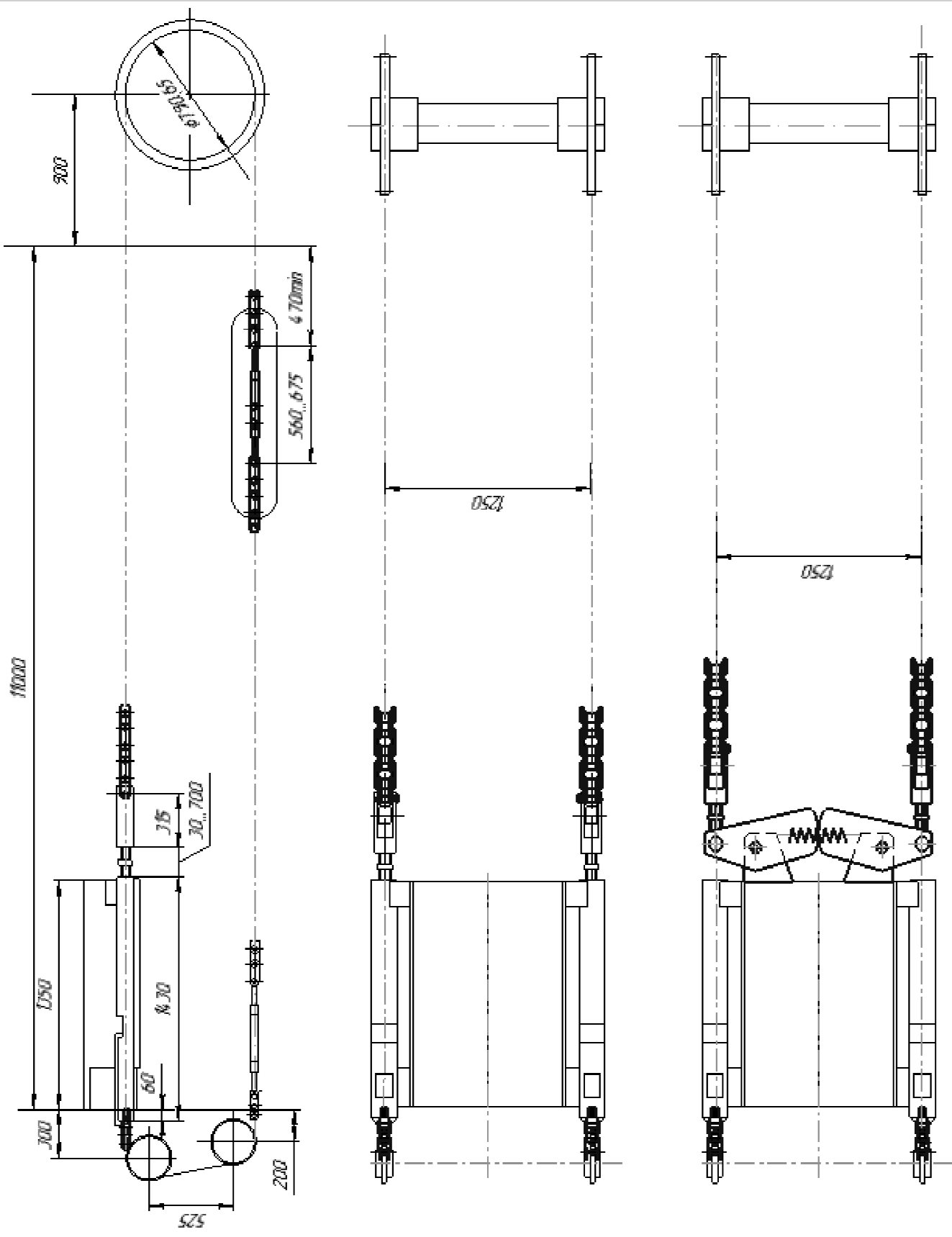


Рисунок 3.15 – Удосконалення конструкції візка

3.7 Підбор та розрахунок пружин розтягнення врівноважільного механізму

Розрахуємо пружини розтягнення врівноважільного механізму. Для цього складемо схему діючих зусиль (рис. 3.16).

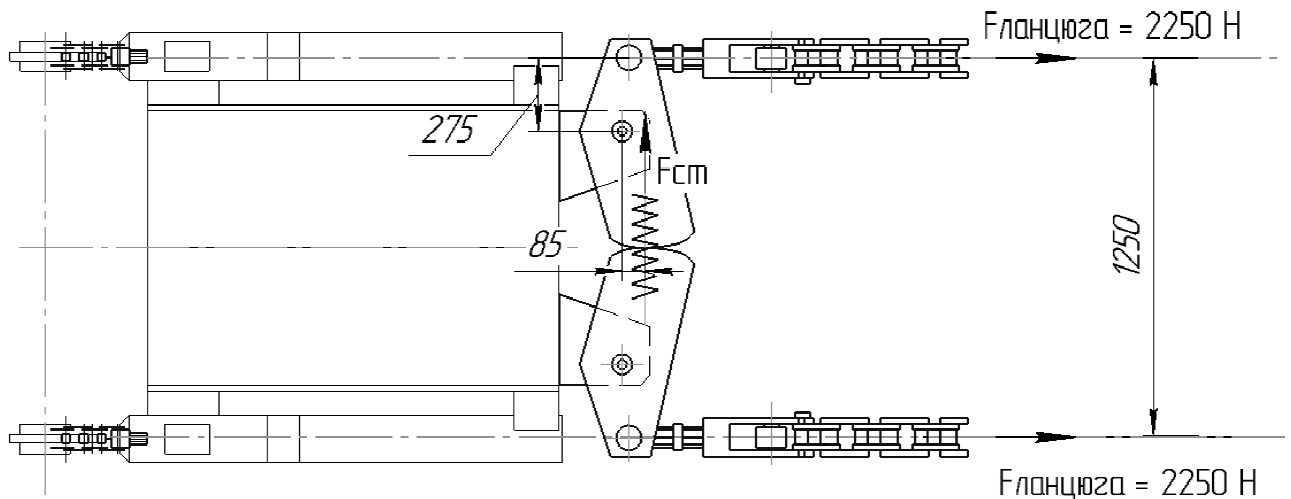


Рисунок 3.16 - Схема діючих зусиль

Зусилля стискання в точці контакту криволінійних поверхонь рычагів врівноваження знайдемо записавши рівняння статичної рівноваги.

$$\Sigma M = 0; \quad -F_{ст} \cdot 85 + F_{ланцюга} \cdot 275 = 0$$

$$F_{ст} = \frac{F_{ланцюга} \cdot 275}{85} = \frac{2250 \cdot 275}{85} = 7280 \text{ Н}$$

З умов роботи механізму задаємо параметри пружин розтягнення для даного механізму, при якому розрахуємо два типу пружини (круглого та прямокутного перерізу):

- зусилля пружини $F_{ст} = 7280 \text{ Н}$;
- робочий хід $h=50 \text{ мм}$;
- діаметр пружини $D=100 \text{ мм}$.

Виконаємо підбор кількості пружин, їх геометричних розмірів та силових параметрів в програмному комплексі APM WinMashine 9.7 модуль APM Spring. Результати представлено в тому вигляді які подає програма [21].

Вносимо дані по круглій пружині до програми та виконаємо проектувальний розрахунок, отримуємо результати які наведено нижче, як бачимо достатньо однієї пружини с дроту діаметром 17,7 мм.

Основные параметры

Сила пружины при рабочей нагрузке [Н]

Сила пружины при предварительной деформации [Н]


Рабочий ход [мм]

Материал

Класс пружины

Сечение

Квадрат Круг



OK Справка
Отмена Еще...

Пружина растяжения

Исходные данные		Результаты	
Параметр пружины	Значение	Параметр пружины	Значение
Сила при рабочей нагрузке, [Н]	7280.	Фактический индекс пружины, [-]	5.65
Сила при предварит. деформации, [Н]	2000.	Средний диаметр пружины, [мм]	100.
Рабочий ход, [мм]	50.	Наружный диаметр пружины, [мм]	117.7
Класс пружины, [-]	1.	Диаметр проволоки, [мм]	17.7
Средний диаметр пружины, [мм]	100.	Сила при максимальной деформации, [...]	8088.89
Индекс пружины, [-]	Не задано	Число рабочих витков, [-]	9.
Диаметр проволоки, [мм]	Не задано	Рабочий ход, [мм]	50.35
Число рабочих витков, [-]	Не задано	Длина пружины в свободном состояни...	177.
Длина зацепов, [мм]	0.	Длина пружины при предвар. нагрузке,...	196.07
Коэффициент относит. зазора, [-]	Не задано	Длина пружины при рабочей нагрузке, ...	246.42
Допуск. напряжение сдвига, [МПа]	Не задано	Длина пружины при макс. нагрузке, [мм]	254.14
Модуль упругости, [МПа]	Не задано	Длина развертки пружины, [мм]	2831.92
Коэффициент Пуассона, [-]	Не задано	Длина заготовки пружины, [мм]	3030.16
Материал	Пружинная пр...	Шаг в свобод. состоянии, [мм]	17.7
		Шаг в нагруженном состоянии, [мм]	23.29
		Деформация при предварительной наг...	19.07
		Деформация при рабочей нагрузке, [мм]	69.42
		Деформация при максимальной нагру...	77.14
		Угол подъема винтовой линии, [град]	3.22
		Потенциальная энергия, [Дж]	183.28
		Допустимое напряжение сдвига, [МПа]	426.

Закреть Чертеж... Справка

Вносимо дані по квадратній пружині до програми та виконаємо проектувальний розрахунок, отримуємо результати які наведено нижче як бачимо достатньо однієї пружини з квадрату стороною 17,3 мм.

Основные параметры

Сила пружины при рабочей нагрузке: 7280. [Н]


Сила пружины при предварительной деформации: 2000. [Н]

Рабочий ход: 50. [мм]

Материал: Пружинная проволока 1 клас

Класс пружины: Пружина 1 класса

Сечение:

Квадрат 

Круг

OK Справка

Отмена Еще...

Пружина растяжения

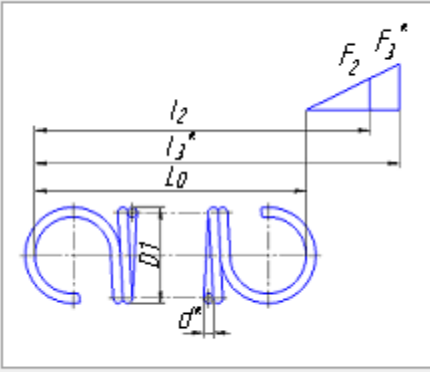
Исходные данные		Результаты	
Параметр пружины	Значение	Параметр пружины	Значение
Сила при рабочей нагрузке, [Н]	7280.	Фактический индекс пружины, [-]	5.78
Сила при предварит. деформации, [Н]	2000.	Средний диаметр пружины, [мм]	100.
Рабочий ход, [мм]	50.	Наружный диаметр пружины, [мм]	117.3
Класс пружины, [-]	1.	Сторона квадрата, [мм]	17.3
Средний диаметр пружины, [мм]	100.	Сила при максимальной деформации, [...]	8088.89
Индекс пружины, [-]	Не задано	Число рабочих витков, [-]	11.75
Сторона квадрата, [мм]	Не задано	Рабочий ход, [мм]	50.15
Число рабочих витков, [-]	Не задано	Длина пружины в свободном состояни...	220.57
Длина зацепов, [мм]	0.	Длина пружины при предвар. нагрузке, ...	239.57
Кoeffициент относит. зазора, [-]	Не задано	Длина пружины при рабочей нагрузке, ...	289.72
Допуск. напряжение сдвига, [МПа]	Не задано	Длина пружины при макс. нагрузке, [мм]	297.41
Модуль упругости, [МПа]	Не задано	Длина развертки пружины, [мм]	4400.77
Кoeffициент Пуассона, [-]	Не задано	Длина заготовки пружины, [мм]	4708.83
Материал	Пружинная пр...	Шаг в свобод. состоянии, [мм]	17.3
		Шаг в нагруженном состоянии, [мм]	21.57
		Деформация при предварительной наг...	19.
		Деформация при рабочей нагрузке, [мм]	69.15
		Деформация при максимальной нагру...	76.83
		Угол подъема винтовой линии, [град]	3.15
		Потенциальная энергия, [Дж]	182.55
		Допустимое напряжение сдвига, [МПа]	426.

Закреть Чертеж... Справка

Порівнюючи отримані дані робимо висновок що для нас найбільш підходить пружина круглого перетину, вона при однакових умовах має найменші габарити.

Також для підтвердження отриманих результатів проведемо розрахунок в програмі Компас 3D за допомогою бібліотеки «Механика: Пружини» та змодельємо навантаження пружини за допомогою бібліотеки APM FEM [22].

Проектный расчет пружины растяжения - универсальный



Класс пружины: 2

Разряд пружины: 4

Материал пружины: 60С2А

Диаметр пружины, мм D1: 100

Сила пружины при предварительной деформации, Н F1: 2000

Сила пружины при рабочей деформации, Н F2: 7280

Рабочий ход пружины, мм h: 50

Рассчитать Отмена

Результаты расчета

Расчет | Дополнительно

Наружный диаметр D1, мм	Диаметр проволоки d, мм	Индекс пружины i	Число рабочих витков n	Длина пружины без зацепов при рабочей деформации L2', мм
100	14	6,14	5,5	159
100	15	5,67	7,5	196
100	16	5,25	10,5	255
100	17	4,88	13,5	316
100	18	4,56	17,5	402
100	19	4,26	23	526
100	20	4	29	669

Подробнее

Сохранить

Диаграмма

OK

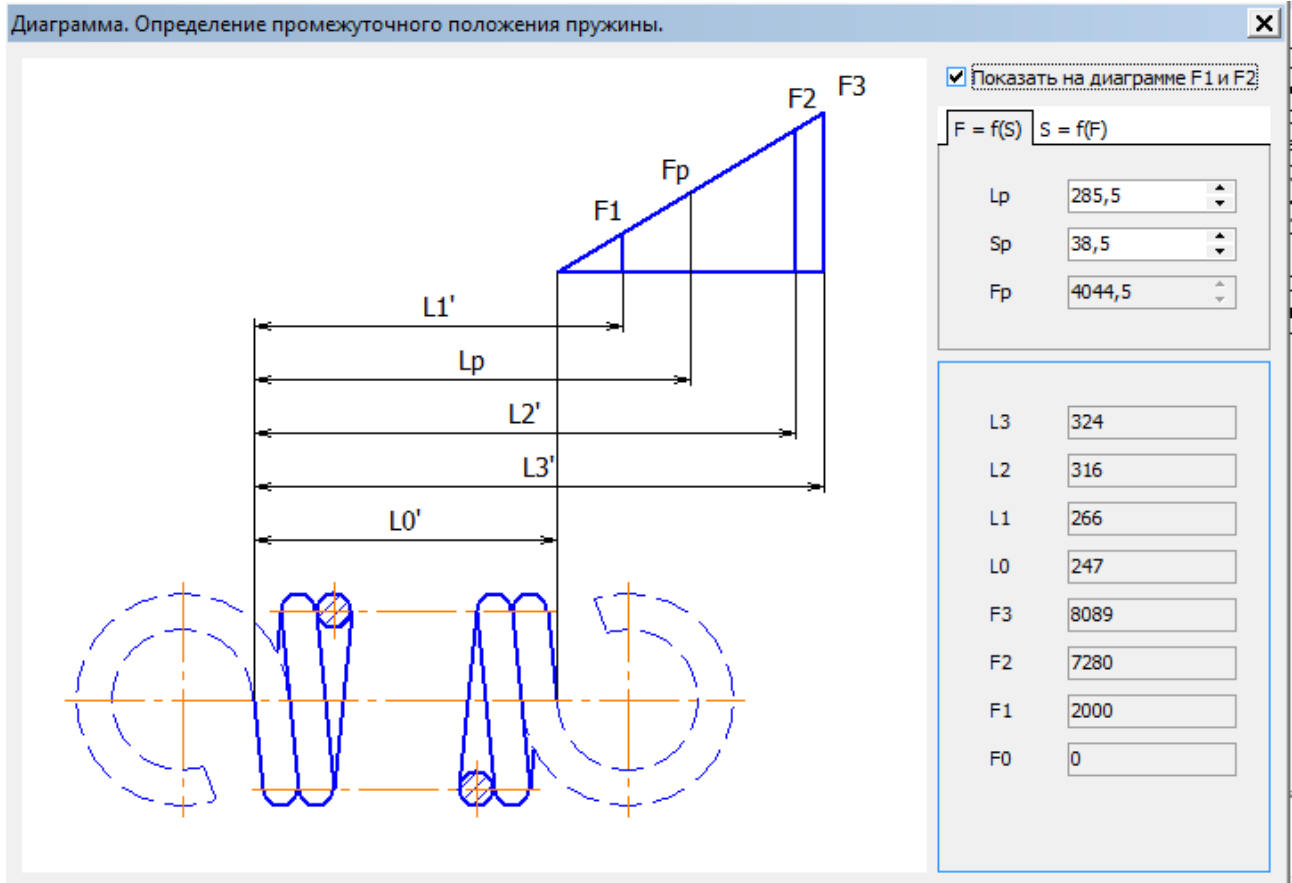
Отмена

Отримаємо декілька типорозмірів з яких оберемо найбільш оптимальний параметри якого представлені нижче.

Результаты расчета				
Расчет				
Дополнительно				
Параметры пружины	Обозначение	Значение	% изменения	
Число рабочих витков	n	13,5		
Длина развёрнутой пружины без зацепов, мм	L'	3586		
Длина пружины без зацепов в свободном состоянии, мм	L0'	247		
Длина пружины без зацепов при предварительной деформации, мм	L1'	266		
Длина пружины без зацепов при рабочей деформации, мм	L2'	316		
Длина пружины без зацепов при максимальной деформации, мм	L3'	324		
Предварительная деформация пружины, мм	S1	19		
Рабочая деформация пружины, мм	S2	69		
Максимальная деформация пружины, мм	S3	77		
Сила предварительного напряжения, Н	F0	0		
Сила пружины при предварительной деформации, Н	F1	2000		
Сила пружины при рабочей деформации, Н	F2	7280		
Сила пружины при максимальной деформации, Н	F3	8089		
Относительный инерционный зазор	Clearance	0,1		
Рабочий ход пружины, мм	h	50		
Максимальное касательное напряжение, МПа	Tau3	459		
Допускаемое касательное напряжение, МПа	Tau	800		
Масса пружины без зацепов, кг	m	6,2		
Жесткость пружины, Н/мм	c	106,171		
Объем, занимаемый пружиной без зацепов, мм ³	V	2088100		

Сохранить

Отменить



Отримуюмо звіти що надає програмний комплекс (на мові оригіналу).

Проектный расчет цилиндрической пружины растяжения		
Наименование параметра	Значение (свойство)	
Материал Круг В1-17 ГОСТ 2590-2006/60С2А-3Б ГОСТ 14959-79		
Класс	---	2
Разряд	---	4
Относительный инерционный зазор	δ	0,1
Наружный диаметр пружины, мм	D1	100
Диаметр проволоки, мм	d	17
Число рабочих витков	n	13,5
Сила предварительного напряжения, Н	F0	-
Сила пружины при предварительной деформации, Н	F1	2000
Сила пружины при рабочей деформации, Н	F2	7280
Сила пружины при максимальной деформации, Н	F3	8089
Рабочий ход пружины, мм	h	50
Длина пружины без зацепов в свободном состоянии, мм	L0'	247
Длина пружины без зацепов при предварительной деформации, мм	L1'	266
Длина пружины без зацепов при рабочей деформации, мм	L2'	316
Длина пружины без зацепов при максимальной деформации, мм	L3'	324
Максимальное касательное напряжение, МПа	τ_3	459
Допускаемое касательное напряжение, МПа	[τ]	800
Модуль сдвига материала, МПа	G	78500
Плотность материала, кг/м ³	ρ	8000
Масса пружины без зацепов, кг	m	6,2
Длина развернутой пружины без зацепов, мм	L'	3586
Жесткость пружины, Н/мм	c	106,171
Объем, занимаемый пружиной (без учета зацепов пружины), мм ³	V	2088100

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$

$F_3^* = 8089\ H$

$F_2 = 7280 \pm 728\ H$

$F_1 = 2000 \pm 200\ H$

$L_1 = 398$

$L_2 = 448$

$L_3^* = 456$

379^*

66

33

$\phi 17^*$

R33

$\phi 100 \pm 1,8$

1. Модуль сдвига $G^* = 78500\ МПа$.
2. Напряжение касательное при кручении $\tau_3^* = 459\ МПа$.
3. Направление навивки правое.
4. Число рабочих витков $n = 13,5$.
5. 44...51,5 НРС.
6. Остальные технические требования по ГОСТ 16118-70.
7. *Размеры и параметры для справок.

Инд. № подл.	Инд. № докум.	Взят инд. №	Инд. № докум.	Лист и дата
Инд. № подл.	Инд. № докум.	Взят инд. №	Инд. № докум.	Лист и дата

Имя Исполн.	№ докум.	Подп.	Исполн.	Лист	Масса	Масштаб
Проб.				Листов	7,236	1:2,5
Т.контр.				Листов		1
Исполн.						
Удл.						
Пружина						
Код: 81-17.001.299-2006/6024-36.001.499-19						

3.8 Моделювання навантаження пружини в програмі КОМПАС-3D за допомогою бібліотеки APM FEM

Система APM FEM є інтегрований в КОМПАС-3D інструмент для підготовки і подальшого кінцево-елементного аналізу тривимірної твердотільної моделі (деталі або збірки) [22].

Підготовка геометричної 3D-моделі і завдання матеріалу здійснюється засобами системи КОМПАС-3D. За допомогою APM FEM можна прикласти навантаження різних типів, вказати граничні умови, створити кінцево-елементну сітку і виконати розрахунок. При цьому процедура генерації кінцевих елементів проводиться автоматично.

APM FEM дозволяє провести наступні види розрахунків:

- статичний розрахунок;
- розрахунок на стійкість;
- розрахунок власних частот і форм коливань;
- теплової розрахунок.

В результаті виконаних системою APM FEM розрахунків Ви можете отримати наступну інформацію:

- карту розподілу навантажень, напруг, деформацій в конструкції;
- коефіцієнт запасу стійкості конструкції;
- частоти і форми власних коливань конструкції;
- карту розподілу температур в конструкції;
- масу і момент інерції моделі, координати центру ваги.

Нижче представлено результати моделювання звітом на мові оригіналу.

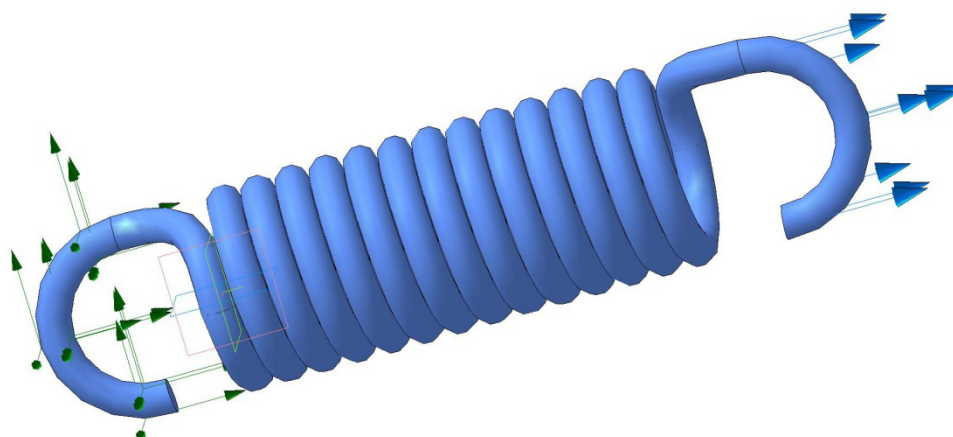
Висновок: аналізуючи звіт можемо зробити висновок що обрана пружина відповідає всім пред'явленим вимогам.

Система прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D

1) Информация о проекте

Дата создания отчёта	01.12.2020; 08:06:39
Путь к файлу	F:\Пружина.m3d

Модель



2) Информация о материалах

N	Имя детали	Материал
1	F:\ Пружина .m3d	Сталь 60С2А-3Б ГОСТ 14959-79

Название материала: **Сталь 60С2А**

Предел текучести [МПа]	235	
Модуль упругости нормальный [МПа]	200000	
Коэффициент Пуассона	0.3	
Плотность [кг/м ³]	7800	
Температурный коэффициент линейного расширения [1/С]	0.000012	
Теплопроводность [Вт/(м*С)]	55	
Предел прочности при сжатии [МПа]	810	
Предел выносливости при растяжении [МПа]	620	
Предел выносливости при кручении [МПа]	450	

3) Информация о нагрузках

Наименование	Выбранные объекты	Параметры нагрузки
Распределенная сила: Распределённая сила:1	Грани: 1	Вектор силы: $X = 0; Y = 7280; Z = 0$ Величина: 7280 Н

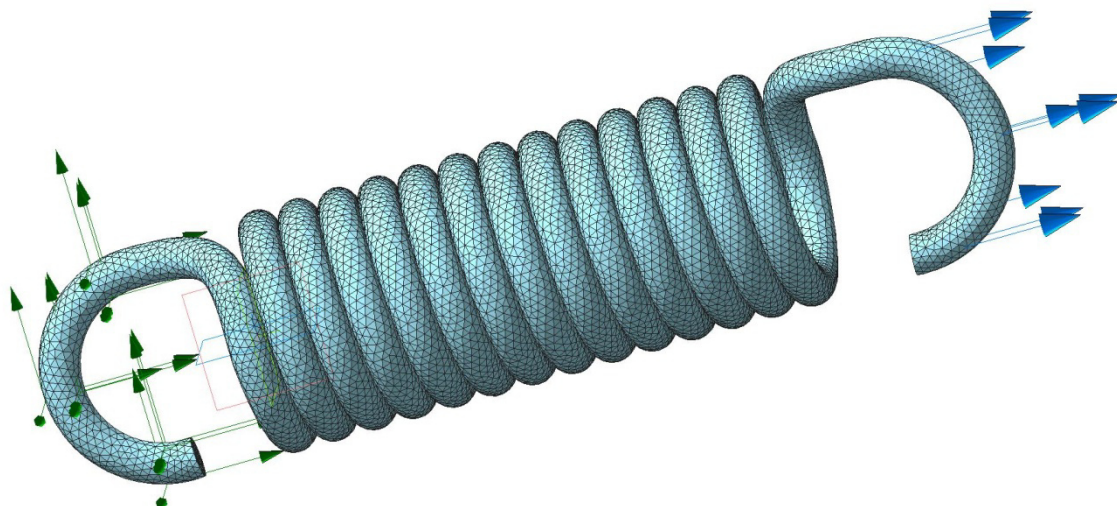
4) Информация о закреплениях

Наименование	Выбранные объекты	X [мм]	Y [мм]	Z [мм]
Закрепление: Закрепление:1	Грани: 1	Запрещ.	Запрещ.	Запрещ.

5) Конечно-элементная сетка

Параметры и результаты разбиения

Наименование	Значение
Максимальная длина стороны элемента [мм]	4.25
Максимальный коэффициент сгущения на поверхности	1
Коэффициент разрежения в объеме	1.5
Количество конечных элементов	59442
Количество узлов	19812



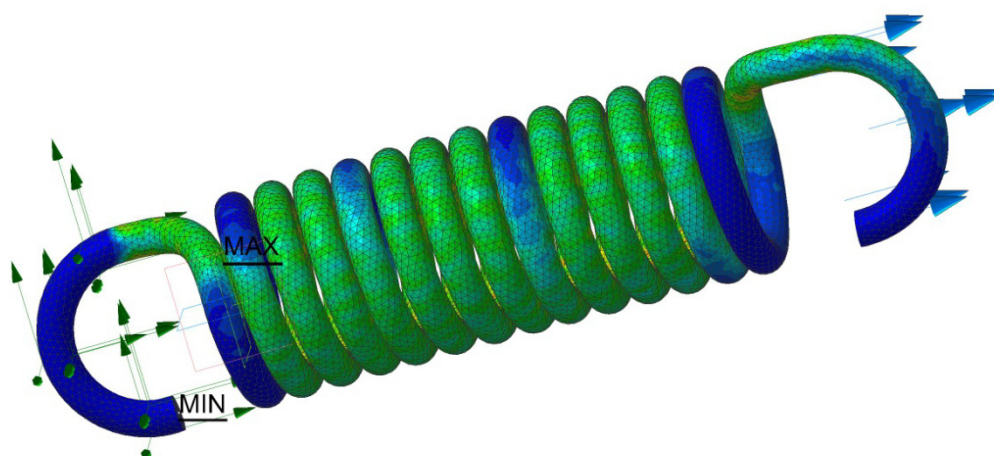
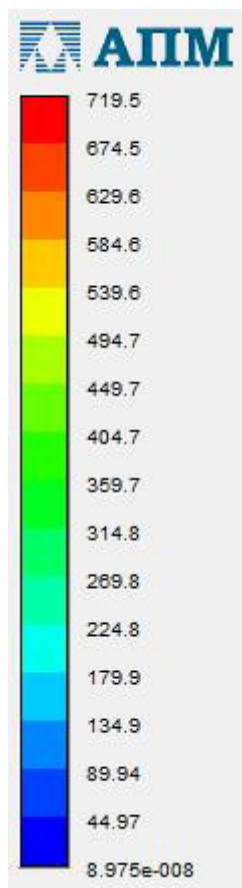
б) Результаты

Инерционные характеристики модели

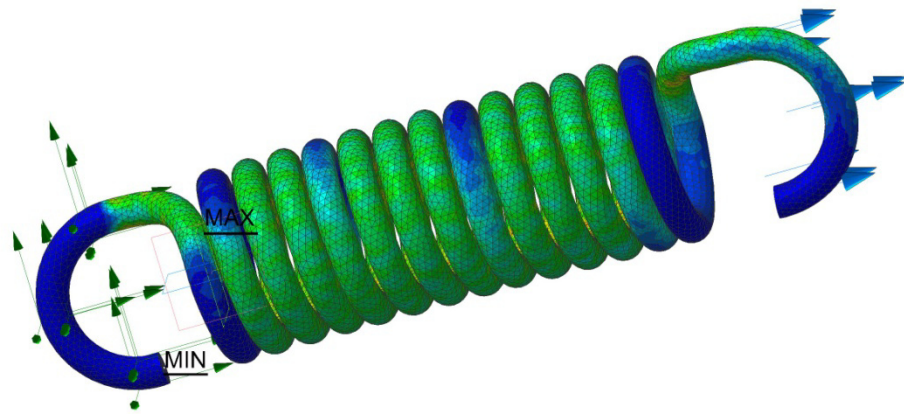
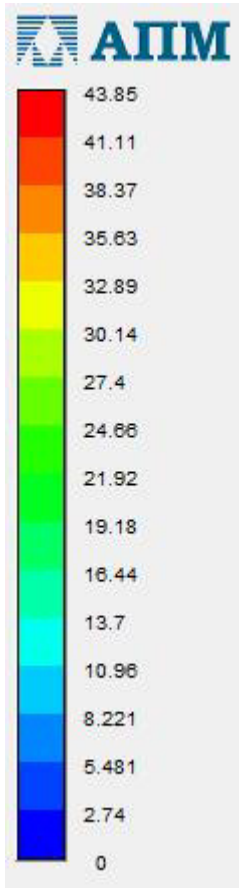
Наименование	Значение
Масса модели [кг]	6.849803
Центр тяжести модели [м]	(-0 ; 0.114974 ; 0.0004)
Моменты инерции модели относительно центра масс [кг*м ²]	(0.005612 ; 0.137697 ; 0.006154)
Реактивный момент относительно центра масс [Н*м]	(-9.460734 ; 0 ; 0.112064)
Суммарная реакция опор [Н]	(0 ; -7444.481644 ; 0.000002)
Абсолютное значение реакции [Н]	7444.481644
Абсолютное значение момента [Н*м]	9.461398

Результаты статического расчета

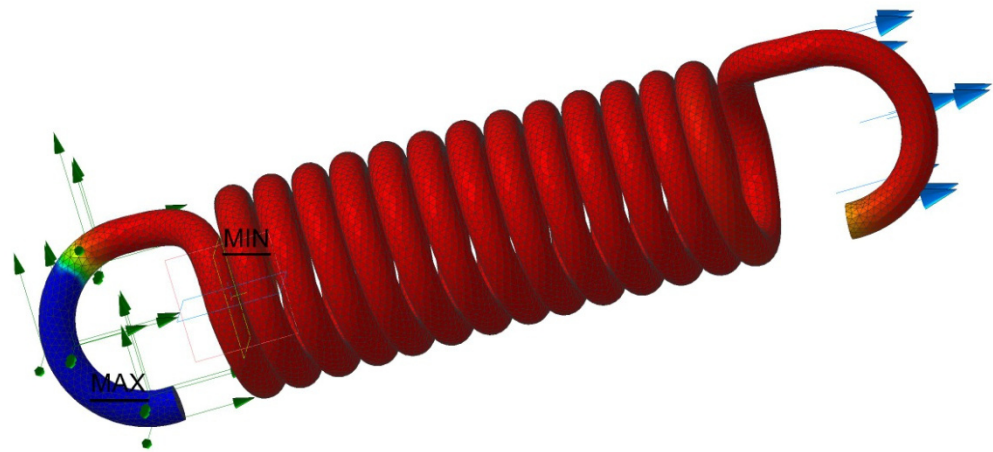
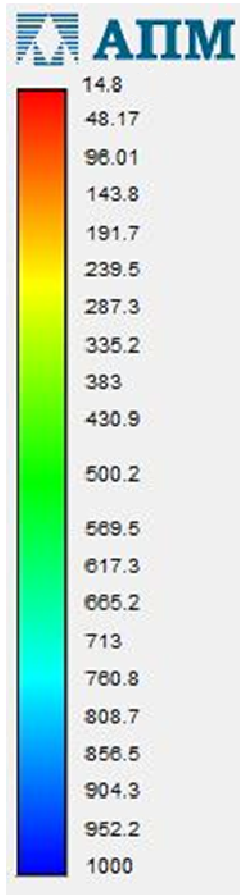
Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Эквивалентное напряжение по Мизесу	SVM [МПа]	0	719.493966



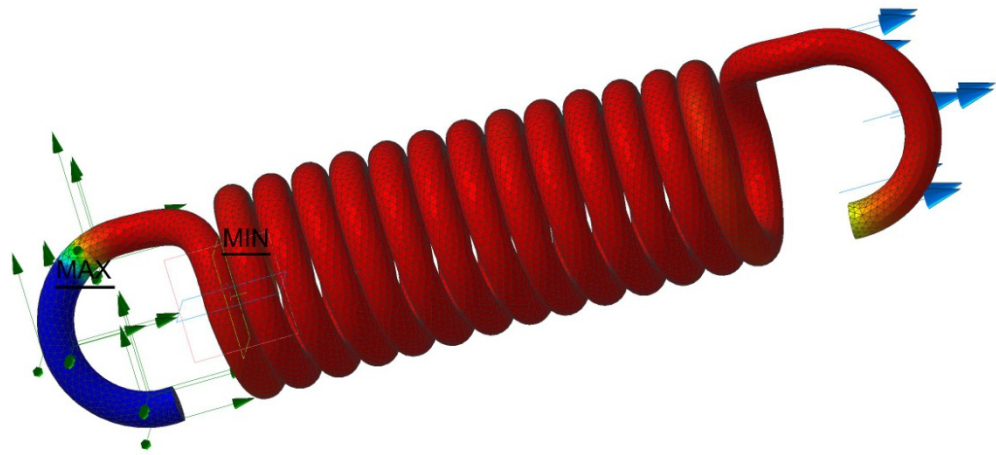
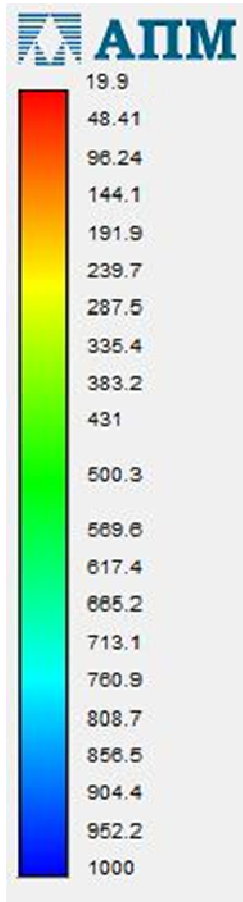
Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Суммарное линейное перемещение	USUM [мм]	0	43.846998



Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Коэффициент запаса по текучести		14,8	1000

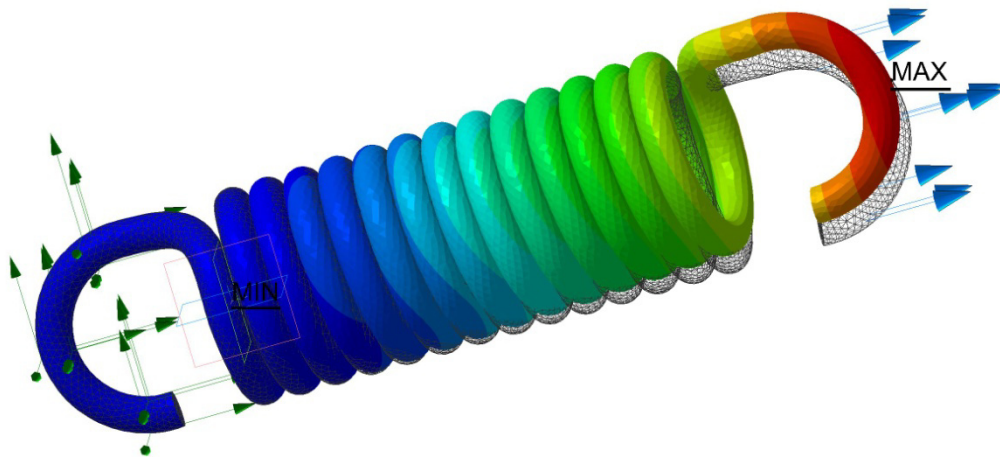
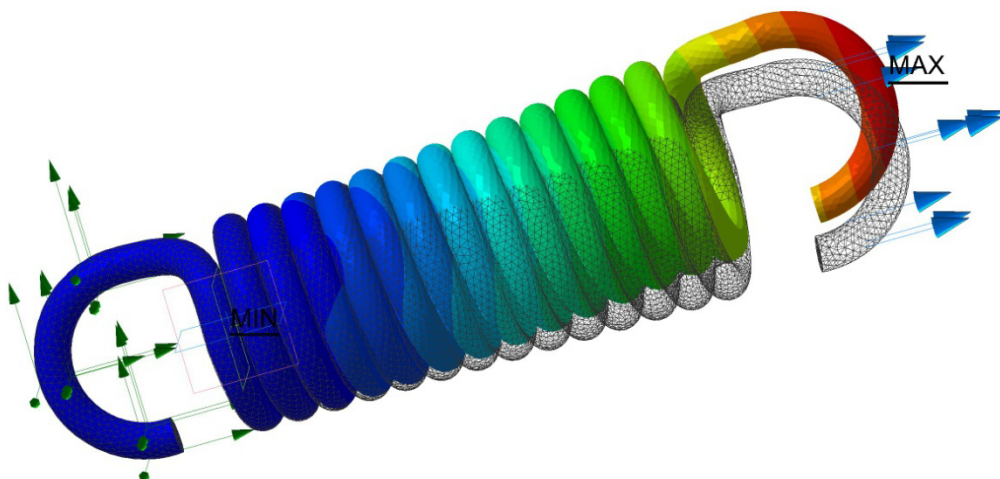


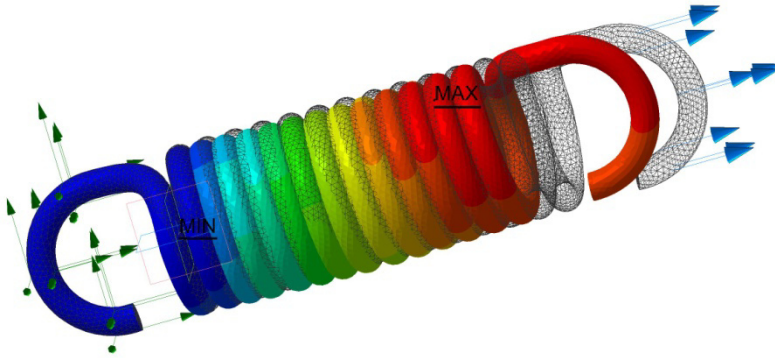
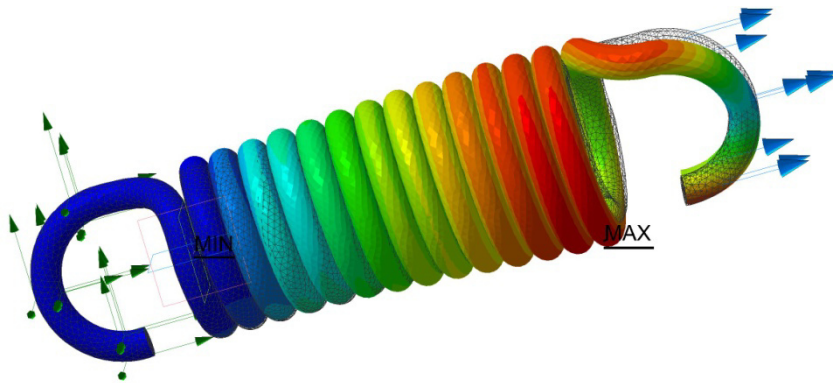
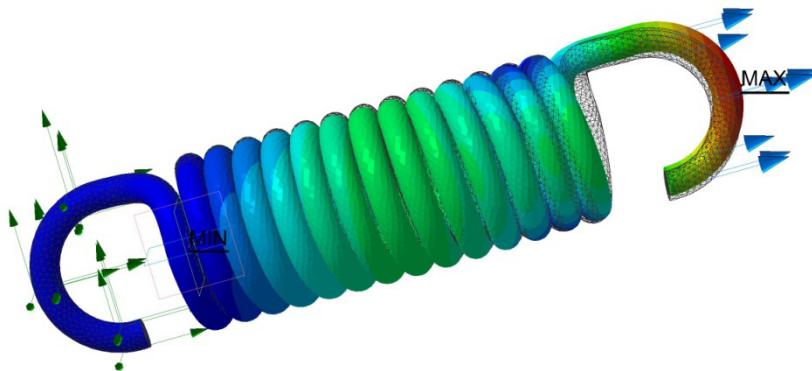
Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Коэффициент запаса по прочности		19,9	1000



Результаты расчета собственных частот

N	Частота [рад/сек]	Частота [Гц]
1	87.140615	13.86886
2	91.181968	14.512061
3	255.597486	40.679603
4	278.180932	44.27387
5	387.86578	61.730756

1-я форма собственных колебаний**2-я форма собственных колебаний**

3-я форма собственных колебаний**4-я форма собственных колебаний****5-я форма собственных колебаний**

4. ОХОРОНА ПРАЦІ В ГАЛУЗІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика ступеня безпеки обраних технологічних процесів, рівня їхньої механізації й автоматизації

У калібрувальному цеху ВАТ «Дніпроспецсталь» є різноманітне устаткування: волочильні стани, мостові крани, пилки, ножиці, нагрівальні печі. При їхній експлуатації виникають шкідливі й небезпечні фактори : шум, вібрація, пил, надлишкове тепловиділення, що рухаються й обертаються механізми. Крім того можливо вплив електричного струму й пожежна небезпека.

Прокатне виробництво характеризується складністю й різноманітністю механічного устаткування, у зв'язку із чим у виробничому процесі в основному мають місце небезпечні фізичні фактори; фізико-хімічні фактори є основними тільки при волочінні металу.

Інструкція з охорони праці для робітників механослужби встановлює вимоги безпеки при виконанні робітниками та службовцями покладених на них обов'язків, а також безпечного поведження на робочих місцях і території цеху.

Досить повне подання про рівень механізації можна одержати шляхом визначення витрат механічної й ручної праці

$$B = \frac{M}{M + R} \cdot 100\% \quad (4.1)$$

де B- рівень механізації праці, %;

M- сума людино-годин механізованої праці;

R- сума людино-годин ручної праці.

Розраховуємо рівень механізації праці для слюсаря

$$B = \frac{4}{4 + 4} \cdot 100\% = 50\%$$

Результати розрахунків рівня механізації праці для інших професій зведемо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 Результати розрахунків рівня механізації праці професій

№ п/п	Професія Робітників	Штат робітників	Кількість відпрацьованих людина-годин у добу			Механізованої праці %	Ручної праці, %
			Вручну	За допомогою машин	Усього		
1	Електрогазоварник	1	$6*1=6$	$2*1=2$	8	25	75
2	Слюсар ремонтник 6-го розряду	4	$4*4=16$	$4*4=16$	32	50	50
3	Слюсар ремонтник 5-го розряду	1	$4*1=4$	$4*1=4$	8	50	50

З дані таблиці можна дати висновок, що електрогазоварник робить 25% механізованого й 75% ручної праці; слюсар ремонтник 6-го розряду - 50% механізованого й 50% ручної праці, слюсар ремонтник 5-го розряду - 50% механізованого й 50% ручної праці.

4.2 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища

Розглянемо карту умов праці оператора поста керування волочильного стану 2КМ30-19 (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 - Технологічна карта умов праці оператора поста керування волочильного стана

Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Нормативне значення, ГДК, ГДР	Фактичне значення	III клас шкідливих і небезпечних умов і характер праці			Час дії фактора % у зміну
			1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
II. Пил переважно фіброгенної дії, мг/м ³						
пил силікатовмісткий	4,0	6,4	1,8			94,5
IV. Шум еквівалентний, ДБа	80	94			14	85
VIII. Мікроклімат у приміщенні						
- температура повітря, °С	28-21	30	2,0			94,5
- швидкість руху повітря, м/сек	0,1-0,2	< 0,3				94,5
- відносна вологість повітря, %	55	39				94,5
- інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	360		360		94,5
IX. Вага роботи						
<u>Динамічна робота</u> м'язів плечового пояса - дрібні стереотипні руху кистей і пальців рук (кількість за хвилину)	80000	96868			96868	
X. Напруженість праці						
Тривалість зосередженості (% до тривалості зміни)	75	88,5	88,5			
Емоційна й інтелектуальна напруженість				ризик		
Кількість факторів			2	2	1	

У таблиці 4.3 наведені фактори виробничого середовища, які мають місце на ділянці стана і засоби захисту.

Таблиця 4.3 - Технічні міри захисту від шкідливих факторів виробничого середовища

№ п/п	Небезпечний або шкідливий фактор виробничого середовища	Захисний пристрій	Тип пристрою	Параметри Пристрою	Місце установки
2	Запиленість	Витяжна вентиляція	Механічна	Витрати 65000 м ³ /година	Стационарна установка
3	Запиленість	Респіратор СИЗОД	Тополь-2	до 2 г/м ³	Індивідуально
4	Шум	Навушники протишумні	-	Придатний до 110 дБ	Індивідуально
5	Температура	Утеплена куртка, ватяні штани	Т _и	По розміру працівника	Індивідуально

4.3 Технічне рішення по виробничій санітарії

Об'ємно-планувальні рішення будинків і споруд цеху

Розглянутий калібрований цех перебуває в центрі промислової зони. Тому при зміні вітрів цех може перебувати на шляху проходження шкідливих викидів (газів або пилу) різних виробництв, та й сам може бути джерелом забруднення повітря для цих виробництв. Так як маємо підвищене поширення житлових районів у місті, цех не може взагалі не забруднювати житлові території. Тому можна тільки застосовувати заходи щодо зменшення шкідливих викидів виробництва. Клас виробництва II, розмір санітарно-гігієнічної зони 500 м. [11]

Природне й штучне освітлення

Прийнята система природного освітлення - бічна.

Слюсар має VI розряд зорової роботи. При загальній системі освітлення становить $E=150$ Лк.

Значення КЕО обумовлені з урахуванням зорової роботи: $e=e(III)=0,5$ при бічному висвітленні, без стійкого снігового покриву.

Коефіцієнт світлового клімату $m=0,8$.

Коефіцієнт сонячного клімату $C=0,7$.

Коефіцієнт природної освітленості:

$$l_n = e \cdot m \cdot c = 0.5 \cdot 0.8 \cdot 0.7 = 0.28$$

Аварійне освітлення для продовження роботи

$$E_{\text{ав.роб}} = 10\% \cdot E = 0,1 \cdot 150 = 15 \text{ Лк}$$

У цеху для загального освітлення присутні лампи накалювання типу 5Г так і люмінесцентні лампи типу ДРЛ, ДРИ; також присутні світлодіодні світильник для місцевого освітлення.

Дані по освітленню зведені в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 - Прийняті значення освітлення.

Найменування відділення Участі робочого місця	Розряд зорової роботи	Освітленість ,(Лк) і коефіцієнт запасу						Аварійна освітленість, Лк	
		Люмінесцентні			При лампах Накалювання				
		Система комбінованого освітлення	Система загального	Коеф. запасу	Система комбінованого освітлення	Система загального	Коеф. запасу	Газорозрядна лампа	Люмінесцентна лампа
Пічний проліт	VI		150	1,8		75	1,5	15	7,5

4.4 Заходи щодо техніки безпеки

Вимоги безпеки перед початком роботи.

Устаткування, засоби ремонту, і робоче місце та довкола нього, повинні бути очищені від промислових відходів, бруду, масел, сторонніх предметів. Робоче місце повинне бути освітлене відповідно до вимог нормативних актів по охороні праці. При необхідності, установлюються додаткові переносні джерела світла. При виконанні робіт поблизу працюючого устаткування, необхідно вжити заходів від поразки працюючих частками, що відлітають, при обробці (окалина, шлаки, іскри, пил і т.п.). Місце роботи огорожується захисними щитами, екранами або застосовувати засобу індивідуального захисту (щитки, окуляри, маски, спецодяг) [12].

Перед початком роботи слюсар зобов'язаний:

- підготувати необхідний інструмент, пристосування, засоби індивідуального захисту, засобу пожежогасіння, стропа, обтиральні матеріали й змащення, переконатися в справності інструмента;
- одержати цільовий інструктаж на провадження робіт підвищеної небезпеки з розписом інструктажу що одержав в наряді-допуску;
- при наявності на машинах (механізмах) гідравлічних або пневматичних приводів перед початком ремонту перекриваються вентиля (засувки) подачі енергоносіїв, засувки (вентилі) закриваються на замок, вивіщується плакат: «Не включати! Працюють люди»;
- перед початком роботи особисто переконатися (шляхом включення механізмів від пристроїв пускових (УП), натисканням пускових механізмів (розподільників) у тім, що електросхеми розібрано, пневматичні й гідравлічні приводи відключені, засувки закриті на ланцюг, вивішені плакати «Не включати! Працюють люди!», отримані бирки або оформлена вбрання-допуск на провадження робіт.

Установити необхідні огороження, перекриття, вивісити плакати. Надійно укласти запасні частини, інструменти, кріплення необхідні для

ремонту. Переконайтеся, що в процесі виконання робіт його дії не спричинять травмування поруч працюючих.

Роботу на декількох ярусах варто виконувати при наявності надійно виконаних перекриттів над кожним ярусом. У випадку, коли неможливий пристрій суцільного перекриття, провадження робіт повинне бути погоджене між виконавцями. При виробництві вогневих робіт слюсар зобов'язаний застосовувати окуляри зі світлофільтрами для захисту очей. При роботі зі стропами, сталевими канатами, матеріалами з гострими гранями необхідно застосовувати рукавиці. Перед укладанням матеріалів, деталей устаткування на стелажі необхідно переконайтеся в справності стелажів. На стелажах, на видному місці, повинна бути зазначена припустиме навантаження. Перевантажувати стелажі забороняється.

Ручка молотка, кувалди повинна бути прямою, овального перетину, з незначним стовщенням до її вільного кінця. Поверхня ручки повинна бути гладкої, без тріщин, задирок і відколів. Перед початком роботи кувалдою або молотком необхідно переконайтеся, що при русі кувалди (молоток) не зачепляться й не змінить напрямку удару.

Підвішені на гак вантажозахватних пристроїв сталеві болванки «Барси», застосовувані замість кувалд, повинні мати надійно закріплені вушка для підвіски й гладкі прямі бойки. Підвішувати «барси» можна тільки на гак вантажопідйомних механізмів.

Майстер, керівники бригад (робітники вищих розрядів) зобов'язані періодично оглядати весь інструмент і інвентар, що перебуває в експлуатації й виданий на руки робітником.

При всіх затрудненнях у роботі або незнанні технології виконання майбутньої роботи та можливості виникнення небезпеки при провадженні робіт, роботу не виконувати, а викликати майстра або бригадира.

Вимоги безпеки під час роботи.

Слюсар зобов'язаний виконувати тільки ту роботу, що доручена йому майстром (бригадиром, слюсарем більше високого розряду).

Слюсареві забороняється:

- працювати несправним інструментом;
- перебувати в зоні руху кувалди (молотка, лома й ін. інструмента, деталей);
- застосовувати прокладки при наявності зазору між площинами губок ключа й головкою болта (гайки);
- подовжувати гайковий ключ другим гайковим ключем і іншими сторонніми предметами;
- перевіряти пальцями сполучення отворів у двох деталях, які можуть взаємно зміститися;
- перевіряти глибину отвору пальцями рук;
- закладати руки, ноги в зазори між деталями устаткування або зубами зубчастого зачеплення;
- підкладати руки, ноги під установлюване устаткування, вантажі;
- ставати на деталі або вузли устаткування, які можуть повернутися або зміститися (ролики рольгангів, шестірні, кришки люків);
- видаляти металеву стружку, продукти зношування деталей незахищеними руками, для цього застосовувати металеві й дерев'яні шкребки, гачки.

Вимоги безпеки по закінченні роботи.

Після закінчення роботи необхідно

- повідомити майстра (бригадирові, старшому робітникові) про закінчення роботи або про роботу переданої по зміні;
- очистити місце проведення робіт від демонтованих деталей, тимчасових огорожень, перекриттів, залишків матеріалів і змащення;
- перевірити наявність інструмента й пристосувань - залишений інструмент може привести до руйнування механізму;
- переконатися, що всі стопорні й обмежувальні пристосування зняті й робота механізмів можлива;

Робоче місце можна залишати тільки з дозволу керівника робіт (майстри, бригадира).

Вимоги до інструментів.

Механізований інструмент повинен бути в повній справності й застосовуватися в строгій відповідності з вимогами інструкції заводу виробника.

Перед експлуатацією механізованого інструмента повинні бути перевірені на стенді: його робота, стан ізоляції на корпус, справність його заземлюючого проводу. Результати випробувань і оглядів інструмента заносяться в журнал реєстрації випробувань із вказівкою його інвентарного номера. При перервах у роботі й перенесенні на інше місце механізований інструмент необхідно відключати.

Ремонт інструмента повинен виконуватися кваліфікованими, спеціально призначеними фахівцями.

Напруга, що подається на інструмент, повинне бути не вище 220V в приміщеннях без підвищеної небезпеки й не вище 36V в приміщеннях з підвищеною небезпекою й поза приміщеннями. В особливо небезпечних приміщеннях дозволяється працювати електроінструментом при напрузі 380V з обов'язковим застосуванням захисних засобів.

Підключати шланги й механізований інструмент до трубопроводу стисненого повітря дозволяється тільки при закритому вентилі, установленому на відводах від магістралі.

Заміняти змінний інструмент при відкритому повітряному вентилі або працюючому електроінструменті забороняється. Застосовувати для відігрівання шлангів гарячу воду, пару або відкритий вогонь не допускається.

При роботі з механізованим інструментом не допускаються зовнішні механічні навантаження електропроводів або повітряних шлангів.

4.5 Міри пожежної безпеки

Категорія приміщення цеху по вибухопожежній небезпеці:

Г- будинок з горючими речовинами, матеріалами в нагрітому й розпиленому стані.

Ступінь вогнестійкості приміщення цеху:

II- будинок з несучими конструкціями із природних або штучних, кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових або горючих матеріалів.

Межі вогнестійкості конструкцій:

- несучі й сходові клітки - 2 години;
- самонесучі - 1 година;
- зовнішні не несучі - 0,25 години;
- внутрішні несучі - 2 години;
- сходові площадки, сходи, балки, марші сходових кліток - 1 година;
- плити, настили й інші не несучі конструкційні перекриття - 0,75 години.

4.6 Рішення по захисту навколишнього середовища

Для вловлювання пилу й шкідливих газів у цеху передбачені газоочистки. Загальна продуктивність газоочистки становить 500000 м³/годину. Запиленість газо-повітряної суміші перед рукавним фільтром - до 1,5 г/м³, залишкова запиленість газів після рукавного фільтра до 50 мг/м³. Мінімальна ефективність газоочистки —96,7%, максимальна-99%.i

Відбір викидів газів здійснюється через аспіраційний зонд, встановлений над устаткуванням. Гази надходять у загальний газовідвід, по якому направляються на очищення в рукавний фільтр ФРИР-7000.

Регулювання продуктивності газоочистки й відсікання вентиляторів здійснюється за допомогою напрямних апаратів і дросельних клапанів, які встановлені на вході в нагнітальні вентилятори [12].

4.7 Тепловий розрахунок

Розрахунок втрат теплоти нагрітої стінки методичних печей. Потрібно визначити втрати теплоти нагрітою стінкою площею 2,5 м², якщо температура зовнішньої поверхні стінки 180⁰С, а температура повітря в цеху становить 26⁰С [13].

Віддача теплоти нагрітою поверхнею в основному відбувається двома шляхами: конвенцією й випромінюванням.

Знаходимо втрати теплоти конвенцією, Вт:

$$Q_k = \alpha_k (T_n - T_y) \cdot S, \quad (4.2)$$

де α_k - конвективний коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м²;

T_n - температура зовнішньої стінки, °С;

T_y - температура повітря в цеху, °С;

S - площа нагрітої поверхні, м².

$$\alpha = \sqrt{T_n - T_y} = 2,5\sqrt{453 - 299} = 31,75$$

Для вертикальних поверхонь $l=2,5$; для горизонтальних $l=3,26$.

Визначимо втрати теплоти конвенцією:

$$Q_k = 31,75(453 - 299) \cdot 2,5 = 12224 \text{ Вт}$$

Тепловіддача випромінюванням нагрітої стінки визначається по формулі Стефана-Больцмана, Вт:

$$Q_{из} = CS \left[\left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{огр}}{100} \right)^4 \right], \quad (4.3)$$

де C - наведений коефіцієнт випромінювання Вт/(м²·К);

$T_{огр}$ - температура огорожень, що сприймають випромінювану теплоту, К.

Для червоної цегли $C=5,35$ Вт/(м²·К).

Тоді:

$$Q_{из} = 5,35 \left[\left(\frac{453}{100} \right)^4 - \left(\frac{299}{100} \right)^4 \right] = 4563 \text{ Вт}$$

Загальна втрата теплоти стінкою:

$$Q_{общ} = Q_k + Q_{из} = 12224 + 4563 = 16787 \text{ Вт}$$

Для видалення тепла використовується природна вентиляція (аерація).

4.8 Техногенна безпека

1. Забезпечення техногенної безпеки на небезпечних об'єктах здійснюється шляхом:

- оцінки ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на підпорядкованих небезпечних об'єктах відповідної галузі;
- інформування органів влади, сил цивільного захисту про основні загрози на небезпечних об'єктах з метою вжиття ними ефективних заходів захисту населення, промислових і сільськогосподарських об'єктів від надзвичайних ситуацій техногенного характеру;
- інформування органів управління та сил цивільного захисту про аварійні та небезпечні ситуації, розвиток яких призвів або міг призвести до аварії і завдати шкоди життю та здоров'ю населення і навколишньому середовищу;
- розміщення інформації про заходи безпеки та поведінку населення на випадок виникнення надзвичайної ситуації техногенного характеру на офіційних веб-сайтах, інформаційних стендах та в засобах масової інформації;
- організації заходів із захисту своїх працівників від шкідливого впливу надзвичайних ситуацій техногенного характеру;
- утворення об'єктових формувань та спеціалізованих служб цивільного захисту, створення необхідної для їх функціонування матеріально-технічної бази, забезпечення готовності таких формувань до дій за призначенням;
- здійснення навчання працівників правилам техногенної безпеки;
- підтримання готовності створених диспетчерських служб;
- розроблення аварійних планів об'єктів, де здійснюється практична діяльність, пов'язана з радіаційними або радіаційно-ядерними технологіями;
- розроблення планів локалізації та ліквідації аварій;
- декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки;
- створення, експлуатації і технічного обслуговування автоматизованих систем раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення у разі їх виникнення;

- створення та утримання в робочому стані засобів зв'язку, аварійно-рятувальної техніки та обладнання і використання їх за призначенням;
- аварійно-рятувального обслуговування небезпечних об'єктів;
- створення об'єктового матеріального резерву для запобігання і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та проведення невідкладних відновлювальних робіт;
- здійснення за власні кошти заходів, що зменшують рівень ризику виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру;
- розроблення заходів щодо забезпечення техногенної безпеки з урахуванням досягнень науки і техніки, позитивного досвіду із зазначеного питання;
- фінансування витрат у порядку та обсягах, необхідних для повного і якісного забезпечення вимог техногенної безпеки;
- виконання інших завдань і заходів техногенної безпеки з урахуванням вимог чинного законодавства України.

2. Забезпечення техногенної безпеки на небезпечних територіях та у зонах можливого ураження від небезпечних об'єктів здійснюється з метою організації заходів захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного характеру у разі:

- неконтрольованого ввезення, зберігання і використання на території України техногенно небезпечних технологій, речовин, матеріалів;
- небезпечних наслідків військової та іншої небезпечної діяльності;
- аварій (аварійних ситуацій) на небезпечних об'єктах;
- небезпеки від гідротехнічних споруд;
- наявності об'єктів, на яких здійснюються виробництво, зберігання та утилізація вибухонебезпечних предметів;
- терористичної діяльності;
- порушення умов експлуатації на об'єктах життєзабезпечення населення;
- руйнування будівель і споруд з порушенням умов експлуатації.

3. Забезпечення техногенної безпеки на небезпечних територіях та у зонах можливого ураження від небезпечних об'єктів органами влади здійснюється шляхом:

- збирання та аналітичного опрацювання інформації про аварійні ситуації та аварії техногенного характеру і стан небезпечних об'єктів та небезпечних територій, прогнозування масштабів можливих надзвичайних ситуацій техногенного характеру;

- інформування суб'єктів господарювання, об'єкти яких за результатами прогнозування можуть опинитися в прогнозованих зонах надзвичайних ситуацій техногенного характеру на небезпечних об'єктах та небезпечних територіях, надання їм інформації про заходи, що здійснюються місцевими органами влади з метою зменшення впливу наслідків надзвичайних ситуацій техногенного характеру під час аварій на відповідних небезпечних об'єктах, про характер і обсяги допомоги, яку може бути надано силами територіальної підсистеми та її ланками єдиної державної системи цивільного захисту (далі - Система);

- включення до галузевих, регіональних та місцевих програм, що розробляються органами влади відповідно до повноважень заходів із забезпечення техногенної безпеки;

- забезпечення навчання з питань техногенної безпеки посадових осіб органів влади та суб'єктів господарювання, що належать до сфери їх управління;

- створення матеріального резерву для здійснення заходів, спрямованих на запобігання і ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій техногенного характеру та надання термінової допомоги постраждалому населенню;

- вжиття заходів щодо реалізації вимог техногенної безпеки на об'єктах, які можуть створити реальну загрозу виникнення аварій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Робочі лінії каліброваних станів призначені для волочіння прутків круглого, квадратного й шестигранного профілю із чорних і кольорових металів і сплавів. Стани дозволяють одночасно волочити один, два або три прутки. Конструктивно стани виконують по дволанцюговій схемі з Г-образними стійками робочого стола й бічною видачею каліброваних прутків.
2. Ознайомлення з технологією й устаткуванням калібрувального цеху показало, що одним з основних «вузьких місць» цеху є незадовільна робота волочильного стану, що проявляється в збільшенні кількості аварійних зупинок, пов'язаних із частими виходами з ладу вузлів розвантажувальних кишень та вузлів плашкового візка. Найбільшим навантаженням і зношуванню піддається ланцюг та шарнірні з'єднання.
3. На підставі проведеного аналізу запропоновано удосконалення волочильного стану, а саме модернізувати шарнірне з'єднання, встановивши шарнірний підшипник типу ШС за ГОСТ 3635-78; а також з'єднати візок з тяговими ланцюгами за допомогою врівноважувального пристрою, що дозволить зменшити знос направляючих за рахунок компенсації нерівномірної витяжки ланцюгів. На відміну від звичайних траверс, що служать для з'єднання ланцюгів з візками дволанцюгових станів, врівноважувальний пристрій дозволяє зменшити бічні зсуви й перекіс візка.
4. Виконано аналіз та розрахунок пружин розтягнення які встановлені в конструкції врівноважувального пристрою тягових ланцюгів. Для підбору та розрахунку робочих параметрів пружин використано програмний комплекс АРМ «WinMachine» модуль АРМ Spring. Моделювання навантажень на пружину виконано в КОМПАС-3D за допомогою бібліотеки АРМ FEM.
5. Зроблені розрахунки на міцність і на витривалість найбільш навантажених деталей і вузлів показують досить високу надійність механізмів стану.
6. Для поліпшення екологічного стану в цеху необхідно застосувати витяжну вентиляцію. Крім того для поліпшення умов праці пропонується застосовувати звукоізоляцію та поліпшити освітлення робочого місця.
7. Результати роботи можуть бути застосовані не тільки в умовах калібрувального цеху ПАТ «Дніпрспецсталь» але й на інших підприємствах чорної металургії, де функціонують подібні волочильні стани.

Список використаних джерел

1. Машины й агрегати металургійних заводів. А.И. Цілін, П.И. Полухін, В.М. Гребеник, Ф.К. Іванченко й ін. - М: Металургія, 1988 - Т.3 - 576 с.
2. Волоочильные станы. Перциков З.И. М.: Металлургия, 1986.-208с.
3. С.Н. Ничипорчик і ін. Деталі машин у прикладах і задачах: Навчальний посібник. - Мн: Вышешая школа. 1981 - 432 с.
4. Перель Л.Я. Підшипники кочення: Довідник. - М.: Машинобудування. 1983 - 543 с.
5. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Под общей ред. Б.Б. Некрасова. 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Высшая школа, 1985. – 382 с.
6. Трубоволоочильное и калибровочное оборудование: Отраслевой каталог. 18-1-85 / В. А. Вердеревский, И. П. Подгурский, А. А. Морозов и др. - М.: ЦНИИТЭИтяжмаш, 1985. - 114 с.
7. Седуш В.Я. надійність, ремонт і монтаж металургійного встаткування. - Київ - Донецьк Высшая школа. 1981 - 264 с.
8. Цехов В. И. Ремонт деталей металлургических машин: Справочник. - М.: Металлургия, 1987. - 320 с.
9. Машины и агрегаты металлургических заводов В 3 т. Т. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката : учебник для вузов / А. И. Целиков, П. И. Полухин, В. М. Гребеник и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Металлургия, 1988. - 680 с.
10. Фотієв М.М. Електропривод і електроустаткування металургійних цехів. - М.: Металургія. 1990.
11. Зиньковський М.М. Техніка безпеки й виробнича санітарія. - М.: Металургія 1984. - 232 с.
12. Охорона праці в прокатному виробництві, Бринза В.Н. - М.: Металургія 1986.

13. Ткачук К.Н. і ін. Довідник по охороні праці на промисловому підприємстві. - ДО: Техніка 1991.
14. Ю. П. Ведмедь, Детали машин. Детали, обслуживающие передачи, ЗГИА. - Запорожье : ЗГИА, 2003. - 137 с.
15. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин. Учебник для вузов. Плахтин В.Д. –М.: Металлургия, 1983. – 415с.
16. Решетов Д.Н. Детали машин. Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов. –Л.: Машиностроение, 1989. -496с.
17. Единые правила выполнения конструкторской документации в вузе/ Сост.: А.Я.Жук, Н.К.Желябина.- Запорожье, ЗГИА, 2002.- 124с
18. Методичні вказівки до підготовки випускної кваліфікаційної роботи магістра для студентів ЗДІА спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» ОПП – «Металургійне обладнання» рівня вищої освіти – магістр / Огінський Й. К., Таратута К. В., Шевченко І. А., Ковязін О. С., Васильченко Т. О.; Запоріж. держ. інж. акад. – Запоріжжя: ЗДІА, 2018. – 76 с
19. Програмний комплекс АРМ «WinMachine» АРМ Beam. Довідкова система.
20. Програмний комплекс АРМ «WinMachine» АРМ Beam. Довідкова система.
21. Програмний комплекс АРМ «WinMachine» АРМ Spring. Довідкова система
22. АРМ FEM Система прочностного аналізу для КОМПАС-3D. Довідка.
23. <http://www.dss-ua.com/>- сайт «Дніпроспецсталь»
24. https://studref.com/529859/tehnika/opredelenie_harakteristik_vityh_pruzhin_rast_yazheniya_szhatiya - Определение характеристик витых пружин растяжения и сжатия

СПИСОК ВИКОНАНИХ КРЕСЛЕНЬ

№ п/п	Найменування	Кіл. листів	Формат
1	Волочильний стан 2КМ30-9	1	A1
2	Візок плашковий	2	A1
3	Гідропроштовхувач	1	A1
4	Гідроциліндр	1	A1
5	Гідросхема проштовхувача	1	A1
6	Корпус візка	1	A1
7	Ланцюги стану 2КМ-30-9	1	A1
8	Лист дослідницької частини	1	A1