

Тема роботи:

«Аналіз, удосконалення та розробка технології ремонту класифікатора спірального 2КСН-30»

Частина I: «Аналіз конструкції класифікатора спірального 2КСН-30»

Виконав: студент групи ГМБ-21

_____ І.О.Всякий

Керівник випускної роботи: ст. викладач

_____ Ю.І.Чумак

Частина II: «Удосконалення конструкції футерівки класифікатора спірального 2КСН-30»

Виконав: студент групи ГМБ-21

_____ А.М.Іванов

Нормоконтролер: ст. викладач

_____ Ю.І.Чумак

Частина III: «Розробка технології ремонту класифікатора спірального 2КСН-30»

Виконав: студент групи ГМБ-21

_____ Р.Ю.Микитюк

Керівник випускної роботи: ст. викладач

_____ Ю.І.Чумак

ВСТУП

Розвиток економіки та соціальної сфери країни значною мірою залежить від підвищення технологічного рівня виробничих процесів. Це досягається шляхом активного впровадження науково-технічних інновацій, модернізації виробничих потужностей, технічного оновлення підприємств та оптимізації інвестиційної й структурної політики.

Процес класифікації сипких матеріалів, таких як залізна руда, передбачає їх поділ на окремі фракції залежно від крупності за двома основними методами:

- для відносно крупних матеріалів (більше 0,5 мм) використовується сухе розділення із застосуванням сит, решіт або колосникових ґрат;
- для відносно дрібних матеріалів (менша за 0,5 мм) використовується мокре розділення із застосуванням рідкого середовища, в якому матеріал розподіляється відповідно до швидкості осадження частинок різного розміру.

Обладнання, що використовується для мокрого розділення тонкодисперсних матеріалів або їх класифікації, отримало назву класифікаторів. Принцип їх роботи ґрунтується на різниці швидкостей осідання великих і дрібних частинок у спокійному або рухомому середовищі. Розчин, що містить мінеральними частинками у зваженому стані, називається пульпою і є вхідним матеріалом для класифікатора. В результаті його роботи пульпа розподіляється на дві або більше фракцій відповідно до розміру частинок. Найбільші за розміром частинки утворюють так звану піщану фракцію, тоді як найдрібніші частинки формують злив.

Одним із найвідоміших прикладів такого обладнання є спіральні класифікатори, які широко використовуються для мокрого подрібнення руд у замкненому циклі з кульовими або стержневими млинами. Вони дозволяють отримати продукт необхідного розміру для подальшого збагачення. Крім цього, спіральні класифікатори застосовують для відмивання глинистих матеріалів і зневоднення зернистих продуктів. Максимальна крупність вихідного матеріалу для малих класифікаторів становить 6 мм, а для великих – до 12 мм.

Спіральні класифікатори на сьогодні є найпоширенішим типом збагачувального обладнання на гірничо-збагачувальних комбінатах, які працюють зі залізними рудами.

Метою роботи є аналіз конструкції класифікатора спірального 2КСН-30, удосконалення конструкції футерівки його спіралей та розробка технології ремонту.

Об'єкт роботи – процес взаємодії з пульпою під час розділення тонкодисперсного залізовмісного концентрату за крупністю і зношення деталей класифікатора спірального 2КСН-30.

Предмет роботи – параметри конструкції класифікатора спірального 2КСН-30, зокрема його робочого органу - спіралі.

[illegible]

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 53 с., 25 рис., 5 табл., 27 літературних джерел.

Метою роботи є аналіз конструкції класифікатора спірального 2КСН-30. Об'єкт роботи – процес взаємодії з пульпою підчас розділення тонкодисперсного залізовмісного концентрату за крупністю і зношення деталей класифікатора спірального 2КСН-30. Предмет роботи – параметри конструкції класифікатора спірального 2КСН-30, зокрема його робочого органу - спіралі.

Проведено аналіз конструкції спірального класифікатора 2КСН-30. Встановлено, продуктивність спірального класифікатора 2КСН-30 по зливу прямо квадратично залежить від фактичного вмісту твердого у зливні класифікатора та вмісту класу $-0,074$ мм у зливні класифікатора. Причому за нормальних умов роботи класифікатора при фактичному вмісті твердого у зливні класифікатора $T_{3\text{л}} = 36\%$ та вмісту класу $-0,074$ мм у зливні класифікатора $T_{0,074} = 55\%$, продуктивність по зливу складе $98,5$ т/год, що дещо менше за паспортну. Потрібна потужність на спіралі класифікатора прямо лінійно залежить від частоти обертання спіралей та прямо логарифмічно залежить від крупності матеріалу у пісках. Враховуючі, що крупність матеріалу пісків після млина зазвичай становить від $0,4$ до $0,074$ мм з досвіду експлуатації, то потрібна потужність на спіралі має бути у межах від $18,3$ кВт до $36,7$ кВт.

Проведено аналіз міцності спіралі класифікатора. Встановлено, що навантаження на витки спіралі класифікатора, прямо лінійно залежить від щільності пісків та їх коефіцієнту тертя об футерівку. Так, зусилля на спіралі залежно від коефіцієнту тертя від 0,2 до 0,4 змінюється від 22 кН до 34 кН для твердого щільністю 3000 г/м³, що відповідає подрібненій залізній руді з порожніми породами. Встановлено, що найнавантаженішою деталлю у спіралі є стійки кріплення секторів спіралі. Максимальне напруження на стійках становить навантаження 37МПа, що 9 разів менше за критичне. Таким чином, можна стверджувати, що конструкція спіралі достатньо міцна

Ключові слова: СПРАЛЬНИЙ КЛАСИФІКАТОР, ПРОДУКТИВНІСТЬ,

КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ

Лист

5

СПІРАЛЬ КЛАСИФІКАТОРА, МІЦНІСТЬ, АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ.

Инев. № подп.	Подп. и дата	Инев. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПРАЛЬНОГО КЛАСИФІКАТОРУ

1.1 Короткий опис та характеристика технологічного процесу мокрої класифікації

У процесах гравітаційного збагачення мінеральні частинки поділяються залежно від їх густини, розміру та форми. Це розділення зумовлене різницею у швидкості та характері їхнього руху в середовищі під впливом сили тяжіння та сил опору [7].

Гравітаційні методи збагачення класифікують за наступними видами процесів:

- з використанням важких середовищ, до яких належать важкі рідини, суспензії, аеросуспензії та магнітні рідини;
- у потоках зі змінним або постійним напрямком, включаючи відсадку, сепарацію за протитечійним принципом, а також поділ у відцентрових концентраторах;
- у потоках, що рухаються похилою площиною, наприклад, у механізованих і стаціонарних шлюзах, жолобах із потоком рідини, концентраторах гвинтового типу, шлюзах та концентраційних столах, а також у пневматичних сепараторах і орбітальних концентраторах.

Як середовище, в якому здійснюється гравітаційне збагачення, застосовують воду, повітря, а також важкі рідини та суспензії.

Процес поділу частинок у гравітаційних методах здійснюється у русі середовища, що містить значну кількість твердих компонентів. Окрім сили тяжіння, на частинки впливають такі чинники:

- **гідродинамічні сили**, що включають підйомну силу та опір середовища під час його обтікання;
- **механічна взаємодія між частинками**, що виникає при їх зіткненні та терті;
- **контактне тертя** мінеральних зерен об стінки або дно робочого обладнання.

Ине. № подп.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист 7
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ					

Вплив цих факторів призводить до поділу матеріалу за розміром, густиною та формою частинок. Якщо форма та розміри частинок однакові, результат процесу значною мірою визначається різницею у густині матеріалу.

Коли головну роль у розподілі відіграють гідродинамічні фактори, відбувається **гідравлічний поділ**. Внаслідок цього частинки більшого розміру, що мають вищу швидкість осадження, розташовуються нижче дрібніших, які осідають повільніше. Проте, якщо концентрація твердих частинок у середовищі висока, може спостерігатися зворотний ефект: менші за розміром частинки здатні проникати в нижні шари, а більші залишаються у верхніх.

Якщо ж домінують сили взаємодії між частинками, формується явище **сегрегації**. Воно проявляється тоді, коли частинки взаємодіють між собою під дією змінних зовнішніх сил. У такому випадку дрібні частинки просочуються вниз через проміжки між більшими, створюючи щільний нижній шар, що витісняє крупні зерна догори.

Отже, розподіл мінеральних зерен у гравітаційних процесах здійснюється під впливом гідродинамічних та аеродинамічних факторів. Як критерії розподілу можуть використовуватись різні параметри, зокрема:

- реологічні властивості середовища, в якому відбувається поділ;
- характеристика середовища при впливі електромагнітних полів;
- швидкість руху зерен у пульсуючому потоці рідини;
- швидкість частинок у потоці рідини, що стікає похилою поверхнею;
- швидкість руху частинок у відцентровому полі рідини.

Загаломс основи теорії гідравлічної класифікації ґрунтуються на двох ключових принципах [6]:

- у гідравлічному класифікаторі швидкість u руху води відносно частинки дорівнює її швидкості осадження у стисненому середовищі V_{cm} при певному рівні розпушення пульпи ($u = V_{cm}$). Якщо ж пульпа має низьку концентрацію твердих частинок, швидкість руху води співпадає зі швидкістю вільного падіння частинок ($u = V_0$).

Ине. № подп.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	8	

- абсолютна швидкість переміщення частинки відносно нерухомих стінок апарата V_{abc} визначається як різниця між швидкістю висхідного потоку u та швидкістю осадження частинки в ущільненому середовищі ($V_{abc} = u - V_{cm}$).

На основі цих принципів можна зробити висновок, що частинки, які мають гідравлічну крупність (швидкість осадження) більшу за швидкість висхідного потоку ($u < V_{cm}$), осідатимуть на дно класифікатора та утворюватимуть пісковий продукт. Водночас частинки, чия швидкість осадження менша за швидкість потоку ($u > V_{cm}$), виносяться у злив. Проте це твердження є справедливим лише для окремих частинок, що рухаються у сталому вертикальному потоці. Оскільки класифікація є масовим процесом, у реальних умовах не відбувається чіткого поділу: дрібні частинки можуть залишатися у пісках, а крупні – потрапляти до зливу [6].

Відхилення практичних результатів від теоретичних моделей пояснюється тим, що реальний процес класифікації є значно складнішим та залежить від низки випадкових факторів [6]:

- безперервне надходження матеріалу в зону класифікації, а також періодичне вивантаження пісового продукту призводять до змін концентрації твердих частинок у пульпі, впливають на турбулентність потоку та змінюють умови осадження.
- оскільки частинки відрізняються формою та масою, у процесі руху вони взаємодіють між собою та зі стінками класифікатора. Це призводить до вирівнювання швидкостей осадження, утворення агрегатів, що поведуться як єдині структури, а також руху частинок у сліді гідродинамічного потоку.

Отже, траєкторія кожної окремої частинки визначається не лише різницею між її швидкістю осадження та швидкістю потоку, а й іншими динамічними факторами [6].

У класифікаційних апаратах, де відсутня подача нижньої води, а потік рухається горизонтально, поділ матеріалу відбувається в неоднорідних умовах. У верхніх шарах пульпи (поблизу поверхні) середовище є менш насиченим твердими частинками, тому осадження відбувається зі швидкістю, близькою до вільного падіння. Однак, у міру того, як частинки опускаються в нижні шари,

щільність суспензії зростає, і умови осадження стають більш стиснутими. У таких умовах швидкість осадження частинок поступово знижується та наближається до нуля [6].

Математична модель розрахунку поділу частинок у механічному класифікаторі базується на наступній концепції. Тверді частинки, що надходять із сировиною в механічний класифікатор, транспортуються потоком рідини від точки подачі до вихідного порога зі швидкістю V_x , яка визначається за формулою [6]:

$$V_x = \frac{Q_{зл}}{B \cdot h} \quad (1.1)$$

де: $Q_{зл}$ – об’ємна продуктивність класифікатора за зливом, $\text{м}^3/\text{с}$, B – ширина робочої зони класифікатора, м , h – висота шару пульпи над рівнем зливного порога, м .

Одночасно з горизонтальним переміщенням частинки осідають вниз зі швидкістю V_y , що залежить від їхнього розміру, щільності та геометричної форми. Якщо за період транспортування на довжину L частинка встигає подолати відстань h у вертикальному напрямку, вона осідає на дні класифікатора та включається до піскового продукту. Ті частинки, які мають меншу гідравлічну крупність, залишаються у зливів. Гранична швидкість осідання частинки визначається залежністю [6]:

$$V_y = \frac{Q_{зл}}{B \cdot L} \quad (1.2)$$

Основним обмеженням цього методу розрахунку є припущення, що частинки рухаються із сталою швидкістю, без урахування їхньої взаємодії між собою, що може впливати на реальні швидкості осадження [6].

У класифікаторах, що працюють на основі відцентрових сил, ефективність поділу визначається співвідношенням швидкостей частинок і потоку рідини. Для обчислення швидкості руху частинки спочатку розраховується безрозмірний параметр Архімеда, що враховує співвідношення сил гравітації та в’язкісного опору [6]:

$$A_r = \frac{g \cdot d^3 \cdot \left(1 - \frac{\Delta}{\delta}\right)}{\nu^2} \quad (1.3)$$

Ине. № подп. Подп. и дата Ине. № дубл. Взам. инв. № Подп. и дата						КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ Лист 10
	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

де: g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ; d – діаметр частинки, м ; ν – кінематична в'язкість рідини, $\text{м}^2/\text{с}$; Δ , δ – густини частинки та рідини відповідно, кг/м^3 .

На основі цього параметра визначаються коефіцієнт гідродинамічного опору ψ та швидкість руху частинки V за емпіричними співвідношеннями [6]:

$$\psi = e^{7.171 \cdot A^{-0.087}} \quad (1.4)$$

$$V = \sqrt{\frac{4 \cdot d \cdot (\delta - \Delta)}{3 \cdot \psi \cdot \Delta}}, \text{ м/с} \quad (1.5)$$

При ідеальній роботі класифікатора, він повинен забезпечувати повне відділення дрібних фракцій у злив та запобігати потраплянню крупних зерен у цей продукт. Таким чином, оцінка ефективності класифікації включає два аспекти: кількісний (ступінь вилучення дрібного класу у злив) і якісний (гранулометричний склад зливу) [6].

Рівень ефективності класифікації розраховується за наступною залежністю [6]:

$$E = 0,01 \cdot \varepsilon_{\text{зл}}^{-d} \cdot \varepsilon_n^{+d}, \% \quad (1.6)$$

де: $\varepsilon_{\text{зл}}^{-d}$ – частка зерен, розмір яких менший за d , що потрапили у злив, %, ε_n^{+d} – частка зерен, розмір яких перевищує d , що залишились у пісках, %.

Якість розподілу матеріалу та загальна ефективність процесу оцінюються за допомогою ситового аналізу, результати якого наносять на діаграму у координатах: розмір зерен – ступінь вилучення (рис 1.1). Точка перетину кривих для дрібного і крупного продуктів визначає граничну крупність розділення, яка відповідає частинкам, що мають рівну ймовірність потрапити як у піски, так і у злив [6].

Инв. № подл.	Подп. и дата	Име. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ					Лист
										11

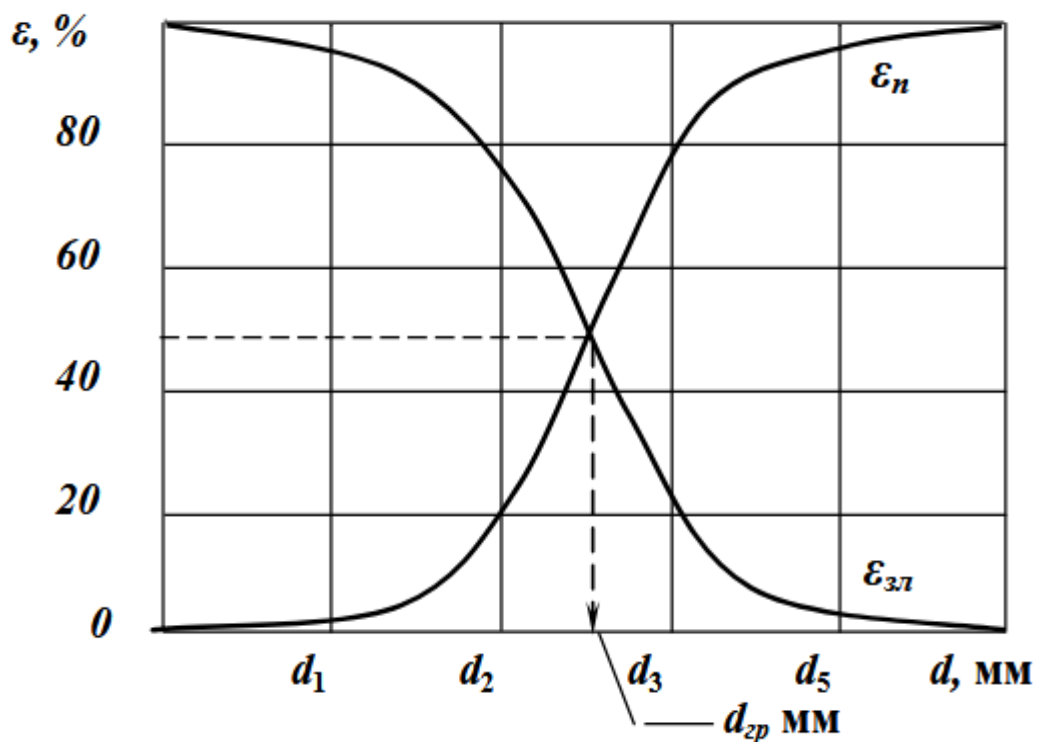


Рис 1.1 - Якість розподілу матеріалу та загальна ефективність процесу [6]

Розглянемо вплив факторів на ефективність класифікації. Основні параметри, що впливають на ефективність класифікації, включають [6]:

- рівень навантаження на класифікатор – зі зменшенням питомої продуктивності підвищується точність поділу;
- концентрацію твердої фази – процеси ефективніші в розріджених пульпах;
- вміст зерен проміжних розмірів – класифікація краще працює при мінімальному вмісті частинок, що мають граничну крупність.

У сучасних класифікаційних апаратах ефективність поділу становить 70–90%, що дозволяє досягати високої точності у виділенні корисних компонентів та забезпечує стабільність подальших процесів збагачення [6].

1.2. Умови експлуатації спірального класифікатора

Спіральні класифікатори для мокрого розділення використовуються для класифікації пульп за кордоном 0.045-0.2 мм, для дешламації та зневоднення пісків, а також для уловлювання пісків у процесі очищення промислових стоків.

Підп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Підп. и дата		Инв. № подл.	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ				Лист
									12

Пульпа – це дисперсна система, що складається з мінеральних частинок та водного середовища, в якому тверді частки перебувають у завислому стані та рівномірно розподілені по всьому об'єму рідини. Утримання твердих частинок у завислому стані забезпечується постійним перемішуванням пульпи або її переміщенням з певною швидкістю. Чим більшими є частинки, тим швидше вони схильні до розшарування. Добре перемішана пульпа за своїми фізичними характеристиками нагадує рідину, щільнішу за звичайну воду [18].

При збагаченні залізних руд застосовуються наступні види пульпи за розміром твердих частинок [18]:

- грубі суспензії – містять великі частки, які швидко осідають без постійного перемішування.
- тонкі суспензії – містять дрібнодисперсні тверді частинки, які довше залишаються в завислому стані.
- шламові розчини (мули) – містять значну кількість дрібних частинок, розмір яких не перевищує кілька десятків мікрометрів.
- Колоїдні системи – пульпи, в яких тверді частки мають надзвичайно малий розмір і можуть перебувати у завислому стані тривалий час.

Основними характеристиками пульпи є: [18]

1. Концентрація пульпи – це відношення твердої фази до рідкої, яке може бути виражене у відсотковому відношенні або співвідношенні твердої речовини до рідкого середовища (Т/Р).

2. Вміст твердого в пульпі (B_T) – це масова частка твердої речовини у загальній масі пульпи, яка може бути виражена у відсотках або частках одиниці. Для сильно розведених пульп вміст твердого зазвичай визначається через віднесення його маси до об'єму рідини (г/л або мг/м³). Наприклад, у такий спосіб оцінюють зливи згущувачів або фільтратів.

3. Ступінь розрідження пульпи (R) – визначається як співвідношення маси рідкого середовища (Р) до маси твердого компонента (Т), тобто зворотня величина від концентрації пульпи:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	13	

$$R = P : T = \frac{100 - B_T}{B_T} \quad (1.7)$$

Ця величина показує, скільки тонн або кубічних метрів води припадає на одну тону твердої речовини.

4. Густина пульпи (Δ) – визначається на основі відомої густини твердої речовини та води:

$$\Delta = \frac{\delta}{B_T + \delta(1 - B_T)} = \frac{R + 1}{R + 1/\delta} \quad (1.8)$$

де δ – густина твердих частинок у кг/м³.

5. В'язкість пульпи – є одним із найважливіших параметрів, який впливає на її поведінку під час транспортування та переробки. В'язкість залежить від таких факторів, як:

- концентрація твердої фази;
- розмір та форма частинок;
- фізико-хімічні властивості води та наявність домішок;
- температура.

При збільшенні вмісту твердих частинок в'язкість пульпи зростає. Спочатку цей ріст є поступовим, але коли концентрація твердої фази перевищує 20–25% за об'ємом, в'язкість зростає дуже швидко. При вмісті твердих речовин 35–42% за об'ємом пульпа повністю втрачає здатність до текучості [18].

Крупнозернисті суспензії зазвичай мають нижчу в'язкість порівняно з тонкодисперсними пульпами за однакового вмісту твердого. Наявність у пульпі наддрібних частинок (менших за 10–20 мкм), які називають шламами, суттєво впливає на її в'язкість і може значно змінювати реологічні характеристики потоку [18].

Таблиця 1.1 – Параметри пульп на збагачувальних фабриках [19]

Найменування операцій і продуктів	Вміст твердого C_T , %	
	У живленні операції	у продуктах
Подрібнення у стрижневих та кульових млинах	65-80	
Злив класифікаторів при подрібненні до:		
0,3 мм	—	28—50
0,2 мм	—	25-45

0,15 мм	—	20—35
0,10 мм	—	15—30
Піски спіральних класифікаторів	—	80-85
Піски гідроциклонів	—	60—70
Основна флотація першої стадії при двостадіальних схемах	30-50	—
Основная флотация при одностадіальних схемах і основна флотація другої стадії для руд	20-35	—
Основная флотация при одностадіальних схемах і основна флотація другої стадії для вуглів	17—25	—
Перечистка концентратів флотації	15-30	—
Концентрати основної флотації	—	25-45
Концентрати контрольної флотації	—	25—35
Концентрати перечистних операцій флотації	—	30-50
Відсадка камених вуглів	30—40	—
Відсадка руд	40-50	—
Продукти відсадки, що видаються обезводнювальними елеваторами:		
крупні		80—90
дрібні зернисті	—	75-85
Продукти відсадки, що видаються через крани, насадки і поріг	—	30—50
Концентрація на столах	25-35	
Важкі продукти зі столів	—	40-60
Проміжні продукти зі столів	—	30-45
Концентрація на гвинтових сепараторах	25—35	—
Концентрация на струмінних і конусних сепараторах	45—55	—
Гідравлічна класифікація	30—50	
Піскові фракції гідравлічної класифікації	—	20—50
Миті продукти похилих коритних мийок	—	90—85
Згущені продукти згущувачів при згущенні рудних концентратів перед фільтруванням	—	50—70
Згущені продукти згущувачів при згущенні вугільних шламів перед фільтруванням, при сгущении		25-35
Фільтрування флотаційних вугільних концентратів без попереднього згущення	30-40	82-76
Фільтрування вугільних шламів після згущення	25—35	80—76
Центрифугування дрібного вугільного концентрата	85—82	93—91
Обезводнення у бункерах крупного вугільного концентрата	93—91	93—95
Обезводнення у бункерах вуглезабагачувальних фабрик	70—82	84-89

1.3. Аналіз обладнання, що може бути використано у таких умовах

Розглянемо обладнання для гідравлічної класифікації корисних копалин.

Попл. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Попл. и дата	Инв. № подл.						Лист
					КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ					15
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат						

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

- Розвантаження пісків у таких пристроях здійснюється механізовано – через спеціальні механізми, що примусово переміщують осад.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

- На даний час на збагачувальних фабриках у циклах подрібнення застосовують, в основному, класифікуюче обладнання двох типів: спіральні класифікатори та гідроциклони. Спіральні класифікатори бувають двох типів: з незануреною спіраллю (КСН) і з зануреною спіраллю. Останні зараз практично повністю витіснені гідроциклонами і серії вже не випускаються [6].

Класифікатори з незануреною чпіраллю застосовуються на гравітаційних збагачувальних фабриках і фабриках, що збагачують руди чорних і кольорових металів у першій стадії подрібнення, особливо при класифікації крупного та абразивного матеріалу, що викликає велику кількість елементів гідроциклонів і відцентрових насосів. В інших і наступних стадіях подрібнення застосовуються тільки гідроциклони [6].

Спіральні класифікатори (КСН) широко застосовуються у замкнутих циклах подрібнення для відбору матеріалу необхідного гранулометричного складу перед збагаченням. Крім того, вони використовуються для [6]:

- промивання глинистих матеріалів;
- зневоднення зернистих продуктів.

Залежно від розміру, ці пристрої можуть обробляти частинки з
максимальною крупністю:

- малі класифікатори – до 6 мм;
- великі класифікатори – до 12 мм.

Конструкція спірального класифікатора містить наступні елементи (рис 1.2):

- Ванна (1) – нахилена під кутом 14–20° ємність для пульпи.
- Вал (2) – механізм, що забезпечує обертання спіралі.

де: h – глибина осадження, м; V – швидкість падіння частинки, м/с; L – довжина поверхні пульпи в класифікаторі, м; u – швидкість горизонтального потоку, м/с.

Вплив концентрації пульпи на ефективність класифікації досить суттєвий. Концентрація твердих частинок у пульпі є визначальним чинником для отримання продукту необхідного гранулометричного складу:

При збільшенні розрідження пульпи осадження крупних частинок відбувається швидше, що зменшує їх потрапляння в злив.

При підвищеній густині пульпи осадження великих частинок уповільнюється, що робить злив грубішим.

Надмірне розрідження може збільшити швидкість висхідного потоку настільки, що навіть великі частинки будуть вимиватися у злив.

Продуктивність класифікатора розраховується за емпіричними формулами [6]:

– для зливу:

$$Q_{зл} = 4,56 \cdot m \cdot k_{\alpha} \cdot k_{\beta} \cdot k_c \cdot k_{\delta} \cdot D^{1.768}, \text{ т/год} \quad (1.10)$$

– для пісків:

$$Q_n = 5,45 \cdot m \cdot k_{\alpha} \cdot k_{\delta} \cdot D^3 \cdot n, \text{ т/год} \quad (1.11)$$

де: m , D , n – маса, діаметр (м) та частота обертання спіралі (об/хв); k_{β} , k_{δ} , k_c , k_{α} – коефіцієнти, що враховують гранулометричний склад зливу, густину руди, розрідження пульпи та кут нахилу ванни класифікатора.

Загальні характеристики відомих моделей спіральних класифікаторів

- діаметр спіралі - до 3000 мм.
- довжина спіралі - до 12 500 мм;
- частота обертання валу спіралі - до 8,3 об/хв;
- потужність електродвигуна приводу спіралі - до 40 кВт;
- маса класифікатора без електродвигуна - до 60 т
- габаритні розміри:
 - довжина – до 17000 мм,
 - ширина – до 7100 мм,
 - висота – до 9000 мм.

Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ					Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат						19

Таблиця 1.2 - Односпіральні класифікатори [14,15]

Параметр	Модель класифікатора					
	КС1- 24x92	КС1- 24x100	КС1- 24x105	КС1- 24x125	КС1- 24x134	1КСН- 24x10
Довжина корита, мм	9200±8	10000±10	10500±10	12500±10	13400±16	10000±10
Діаметр спіралі, мм	2400±50	2400±50	2400±50	2400±50	2400±50	2400±50
Продуктивність, т/год: по пісках	300	300	300	300	300	300
по зливу	51	51	51	51	51	51
Частота обертання спіралі, об/хв	3,6±0,4	3,6±0,4	3,6±0,4	3,6±0,4	3,6±0,4	3,6±0,4
Потужність двигуна, кВт: приводу обертання спіралі	22	22	22	22	22	22
приводу підйому спіралі	3	3	3	3	3	3
Габаритні розміри, мм, не більше:						
довжина	12400	13200	13700	15700	16600	13200
ширина	2900	2900	2900	2900	2900	2900
висота	4500	4500	4500	4500	4500	4500
Маса без ел. обладнання, кг, не більше:						
з футеровкою спіралі з гуми	25000	26000	27000	29000	31000	26000
з футеруванням спіралі зі сплаву ЧХЗТ	27000	28000	31000	32000	34000	28000

Таблиця 1.3 – Двоспіральні класифікатори [14, 15]

Параметр	Модель класифікатора				
	КС2- 24x92	КС2- 24x125	КС2- 24x145	КС2- 30x125	2КСН- 24x145
Довжина корита, мм	9200±8	12500±16	14500±20	12500±16	14500±20
Діаметр спіралі, мм	2400±50	2400±50	2400±50	3000±50	2400±50
Продуктивність, т/год:					
по пісках	600	600	600	880	600
по зливу	102	102	102	150	102
Частота обертання спіралі, об/хв	3,6±0,4	3,6±0,4	3,6±0,4	3,6±0,4	3,6±0,4
Потужність двигуна, кВт: приводу обертання спіралі					
	2x22	2x22	2x22	2x22	55
приводу підйому спіралі	2x3	2x3	2x3	2x3	2x3
Габаритні розміри, мм, не більше:					
довжина	12400	15700	17700	15900	19100
ширина	5700	5700	5700	6800	5500
висота	4500	4500	4500	5500	5900
Маса без ел. обладнання, кг, не більше:					
з футеровкою спіралі з гуми	37000	50000	53000	62000	73000
з футеруванням спіралі зі сплаву ЧХЗТ	41000	54000	57000	70000	77000

Таблиця 1.4 - Спіральні класифікатори КСН, КСП [15]

Підп. і дата		Параметр	Модель класифікатора				
			КС2- 24х92	КС2- 24х125	КС2- 24х145	КС2- 30х125	2КСН- 24х145
Взам. инв. №		Довжина корита, мм	9200±8	12500±16	14500±20	12500±16	14500±20
		Діаметр спіралі, мм	2400±50	2400±50	2400±50	3000±50	2400±50
Инв. № дубл.		Продуктивність, т/год: по пісках	600	600	600	880	600
		по зливу	102	102	102	150	102
Підп. і дата		Частота обертання спіралі, об/хв	3,6±0,4	3,6±0,4	3,6±0,4	3,6±0,4	3,6±0,4
		Потужність двигуна, кВт: приво­ду обертання спіралі					
Инв. № подл		приводу підйому спіралі	2х22	2х22	2х22	2х22	55
			2х3	2х3	2х3	2х3	2х3
Лист		Габаритні розміри, мм, не більше: довжина	12400	15700	17700	15900	19100
		ширина	5700	5700	5700	6800	5500
		висота	4500	4500	4500	5500	5900
		Маса без ел. обладнання, кг, не більше: з футеровкою спіралі з гуми	37000	50000	53000	62000	73000
		з футеруванням спіралі зі сплаву ЧХЗТ	41000	54000	57000	70000	77000

Таблиця 1.4 - Спіральні класифікатори КСН, КСП [15]

Ли

Изм.

№ докум.

Подп.

Дат

КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ

Лист

20

Модель	Продуктивність, т/год по піскам/по зливу	Частота обертання спіралі об/хв	Довжина корита, м	Потужність двигуна привода, кВт	Діаметр спіралі, мм	Кількість спіралей, шт	Кут нахилу корита, град	Габарити, довжина х ширина х висота, мм	Маса, т
Класифікатори спіральні незанурені									
1КСН-3×20	4	5–24	2	1,1	300	1	18	4000×800×950	0,6
1КСН-5×45	5...10/2	7	4,5	1,1	500	1	18	5600×1000×1300	1,4
1КСН-7,5×55	20...30/6	7	5,5	3,0	750	1	18	7100×1300×1600	2,6
1КСН-10×65	55/11	7	6,5	5,5	1000	1	18	10 790×1240×3095	6,9
1КСН-12×65	40.80/16	6,5	6,5	7,5	1200	1	18	9000×1600×3000	10,9
1КСН-15×65	60.120/23	6,5	6,5	7,5	1500	1	18	9000×1900×3100	7,3
1КСН-15×82	120/25	6,5	8,2	7,5	1500	1	18	10 500×1800×3050	9,2
1КСН-20×84	110...220/37	6,5	8,4	11	2000	1	18	11 500×2400×3200	11,5
1КСН-24×92	150...300/51	3,5	9,2	18,5	2400	1	18	11 200×2800×3300	23,1
1КСН-24×105	300/50	3,6	10,5	22	2400	1	18	12 500×2800×3300	24
1КСН-24×125	300/50	3,6	12,5	22	2400	1	18	14 500×2800×3300	25
1КСН-24×134	300/50	3,6	13,4	22	2400	1	18	15 400×2800×3400	26
1КСН-30×125	420/75	3,7	12,5	30	3000	1	18	14 500×3500×4700	39
1КСН-30×172	420/75	3,7	17,2	30	3000	1	18	19 200×3500×4800	43
2КСН-15×82	120...240/46	3,5–7	8,2	2х7,5	1500	2	18	10 500×3400×3050	18,4
2КСН-20×84	380/66	2,5–6,7	8,4	2х15	2000	2	18	10 560×4270×3600	20,3
2КСН-24×92	600/102	1,5–3,7	9,2	2х18	2400	2	18	12 900×5700×4500	39
2КСН-24×125	600/102	1,5–3,7	12,5	2х18	2400	2	18	16 200×5700×4500	42
Класифікатори спіральні занурені									
1КСП-12×84	85/13	4,15–8,3	8,4	7,5	1200	1	15	11 100×2240×4500	7,5
1КСП-15×101	160/24	3,5–7	10,1	7,5	1500	1	15	13 700×2500×4000	13,8
1КСП-20×130	240/38	2,5–6,7	13	18	2000	1	15	16 500×2500×4550	23
1КСП-24×140	330/53	1,5–3,6	14	22	2400	1	15	17 000×4250×7500	26,8
2КСП-12×84	170/26	4,2–8,3	8,4	2х7,5	1200	2	15	11 100×4400×4500	14,4
2КСП-15×101	320/48	3,54–6,7	10,1	2х7,5	1500	2	15	13 700×4700×4000	27,1
2КСП-20×130	480/76	2,5–6,7	13	2х18,5	2000	2	15	16 500×4600×4550	46
2КСП-24×140	650/106	1,54–3,6	14	2х22	2400	2	15	17 000×8200×7500	53

Инь. № подл.	Подп. и дата	Инь. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ

Лист

21

2.1. Призначення та область застосування спірального класифікатора 2КСН-30

Класифікатор застосовується у збагачувальному виробництві, у металургійній, будівельній та інших галузях промисловості у наступних технологічних циклах:

- у циклі подрібнення для попередньої або, навпаки, перевірконої класифікації (поділу частинок);
- у циклі обробки руд (ціануванням, флотаційними чи гравітаційними процесами) для відокремлення зернистої частини матеріалу від шламу;
- у циклі промивання розсипних руд для виділення зі зливу промивних апаратів відвальних шламів;
- у циклі зневоднення.

2.2. Технічна характеристика спірального класифікатора 2КСН-30

Технічна характеристика класифікатора спірального 2КСН-30 наведені у табл. 2.1.

Полп. и дота	Взам. инв. №	Инв. № дубл.			
Полп. и дота					
Инв. № полп					

класифікації (поділу частинок);

- у циклі обробки руд (ціануванням, флотаційними чи гравітаційними процесами) для відокремлення зернистої частини матеріалу від шламу;
- у циклі промивання розсипних руд для виділення зі зливу промивних апаратів відвальних шламів;
- у циклі зневоднення.

2.2. Технічна характеристика спірального класифікатора 2КСН-30

Технічна характеристика класифікатора спірального 2КСН-30 наведені у табл.

2.1.

						Лист
					КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ	22
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

Таблиця 2.1 - Технічна характеристика класифікатора спірального 2КСН-30

Найменування параметра	Од.вим	Значення
Продуктивність розрахункова по пісках зливу	т/год	880 150
Кількість спіралей	шт	2
Діаметр спіралі	мм	3000
Довжина спіралі	мм	12100
Крок спіралі	мм	1800
Число заходів спіралі	шт	2
Частота обертання спіралі	об/хв	1,5-3,2
Напрямок гвинтової спіралі 1-а спіраль 2-а спіраль		ліве праве
Довжина корита	мм	12500
Кут нахилу корита	град	18°30'
Висота зливного порогу	мм	850
Привод спіралі		
Кількість приводів		2
Двигун		A200L6T2
Напруга	В	220/380
Потужність	кВт	30
Частота обертання	об/хв	1000
Редуктор		планетарний, 3-х ступінчастий
Максимальний момент	Нм	128500
Змащення		картерне
Привод механізму підйому спіралі		
Кількість приводів		2
Електродвигун		AIP100L4T2
Напруга	В	220/380
Потужність	кВт	4
Швидкість обертання	об/хв	1450
Редуктор		Ч-125-20-52-11-00-T2
Передавальне число	20	
Швидкість підйому спіралі	м/хв	0,34
Габаритні розміри: довжина ширина висота	мм	16000 6830 5500
Маса	т	66,4

Підп. і дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Підп. і дата

Инв. № подл.

КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ

Лист

23

Ли Изм. № докум. Подп. Дат

2.3. Опис конструкції та принципу дії спірального класифікатора 2КСН-30

Класифікатор 2КСН-30 завдяки вдалій конструкції випускається досить давно. Базова конструкція класифікатора (см рис.2.1) мала загальний привод на спіралі від одного двигуна 1. Потім через складну систему редукторів, муфт, проміжних валів 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 обертальний момент передавався на спіраль 11, 12 [21].

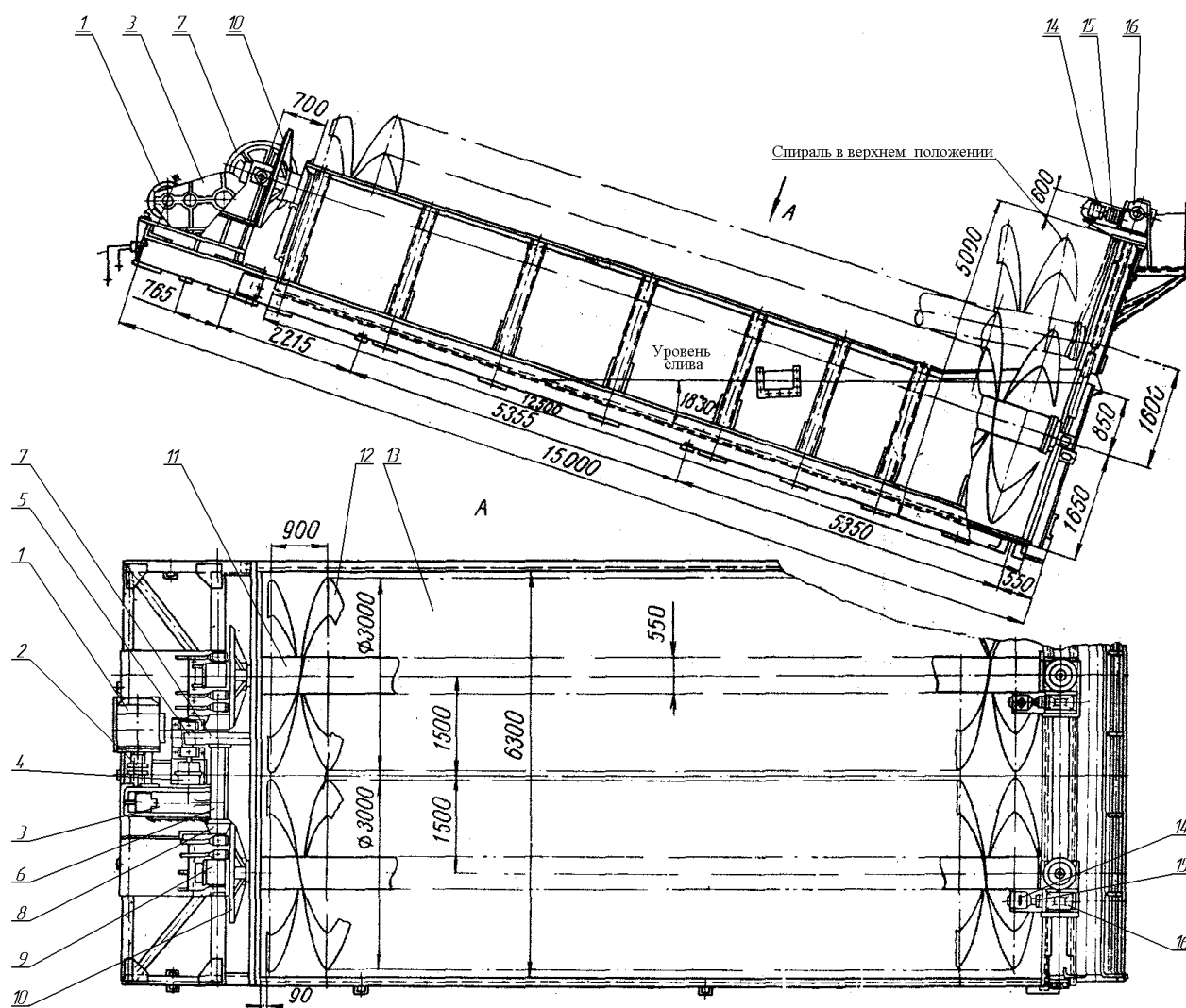


Рис 2.1 – Стара модель класифікатора 2КСН-30: 1 - електродвигун; 2 - муфта втулково-пальцева; 3-редуктор; 4-муфта зубчаста; 5-швидкохідна проміжна вал-шестерня; 6 - тихохідний проміжний вал ; 7-колесо циліндричне; 8-конічне колесо; 9-пороротная траверси; 10 - конічне колесо; 11-вал спіралі класифікатора; 12-спираль класифікатора;13-похиле корито; 14-электродвигатель; 15 - муфта втулково-пальцева; 16-редуктор [21].

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ
					24

Потім на основі тривалого досвіду експлуатації було розроблено та впроваджено оновлену модель класифікатора з індивідуальним приводом спіралей, що підвищило ефективність роботи машини в цілому і значно спростило конструкцію приводу обертання спіралей.

Отже, класифікатор спіральний 2КСН-30 (рис. 2.2) складається з рами 6, яка встановлюється на похилий фундамент під кутом $18^{\circ}30'$. На рами встановлено корито 5 зі спіралями 4. Кожна спіраль з одного боку спирається на занурений опорний вузол 7, що виконаний герметичним, та з іншого боку на поворотну траверсу 3, планетарний 3-х ступеневий редуктор 2 і приводний електродвигун 1, виконані як один суцільний вузол. Занурений опорний вузол 7 є рухомим і може переміщуватися уверх по напрямних 11 для корегування кута нахилу спіралей і, відповідно, крупності розділення. Занурений опорний вузол 7 приводиться в рух завдяки приводу підйому, що складається з електродвигуна 8, редуктора циліндро-конічного 9 та гвинтової тяги 10.

У кориті 5 є два розвантажувальні вікна: для розвантаження зливу (тонкої фракції), який знаходиться у нижній частині класифікатора біля рухомої опори 7, та для розвантаження пісків (крупної фракції) 13. Живлення класифікатора здійснюється через вікно 12 у бортовинах корита 5.

Розглянемо принцип дії класифікатора.

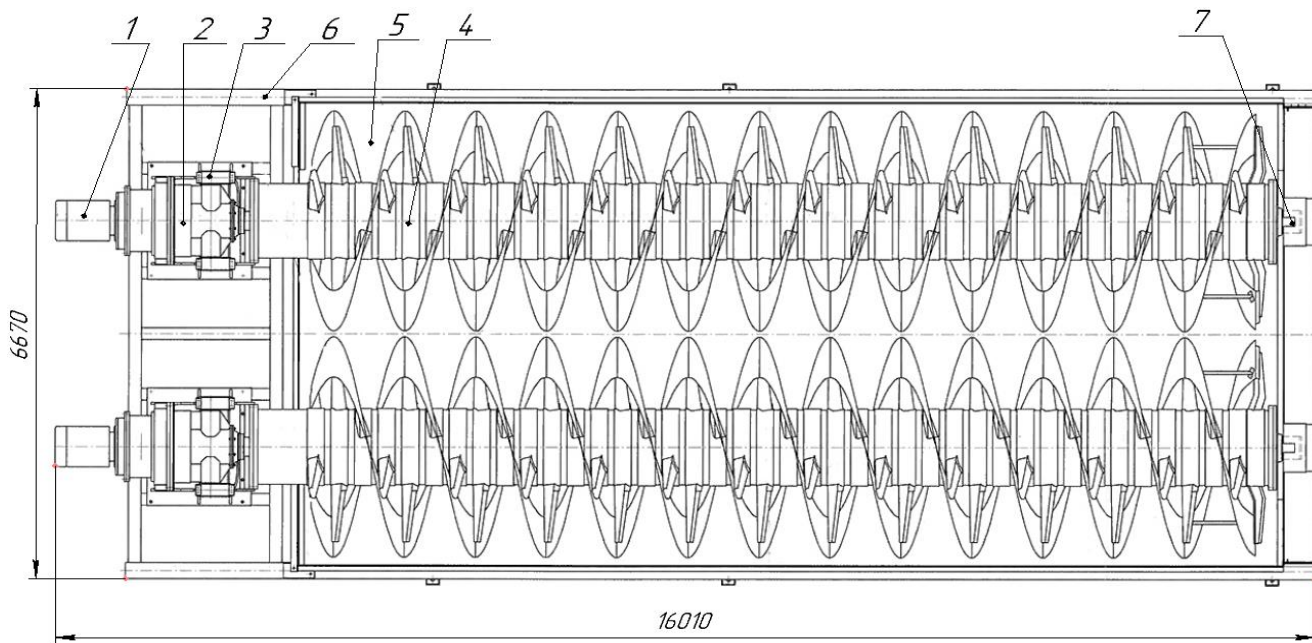
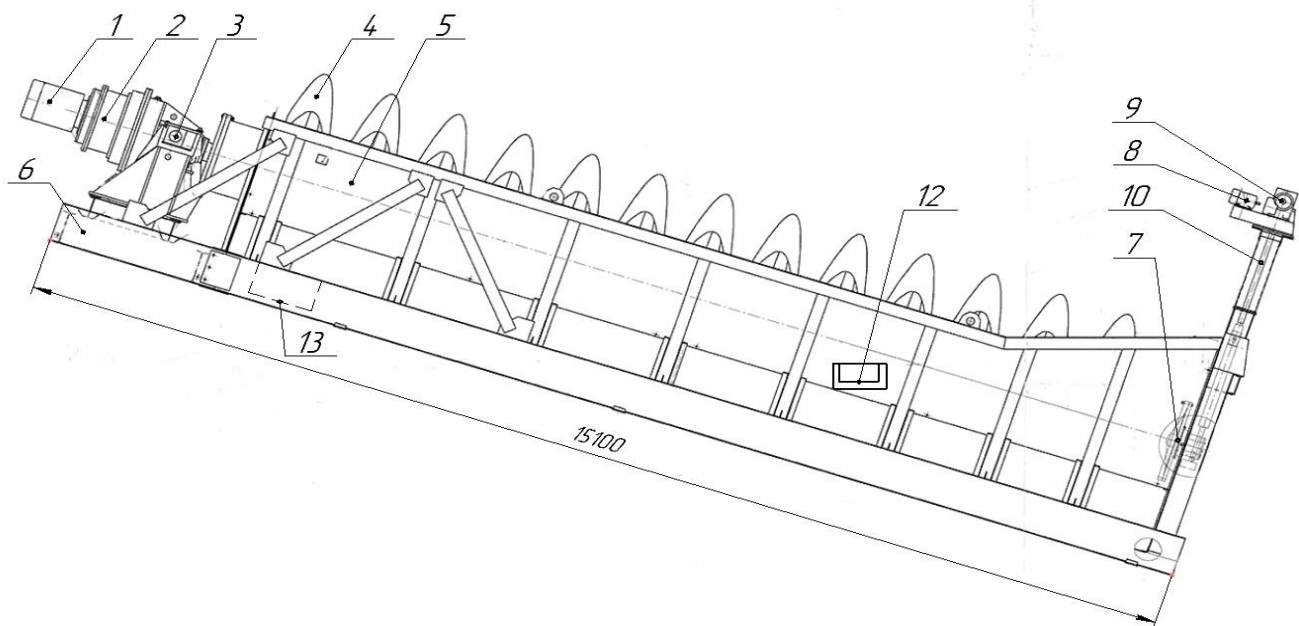
Спіралі 4, що обертаються повільно, виконують функцію перемішування пульпи в басейні, сприяючи рівномірному розподілу частинок. Одночасно вони транспортують осілі піски по нахиленому дну корита 5 у напрямку до розвантажувального отвору 13. Звідти піщаний матеріал спрямовується на подальше подрібнення у млин, з яким класифікатор працює у замкненому циклі.

Переміщення пісків відбувається в центральній частині корита 5, тоді як бокові ділянки використовуються для повернення води у протилежному напрямку.

У разі раптового припинення роботи кінці спіралей 4, які розташовані у відстійній зоні басейну, піднімаються догори підйомним механізмом, що складається з електродвигуна 8 та редуктора 9. Завдяки такій конструкції

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ	Лист	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		25	

запобігається замулюванню нерухомих спіралей 4, а також забезпечується плавне відновлення роботи після зупинки.



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.			
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.
Дат			

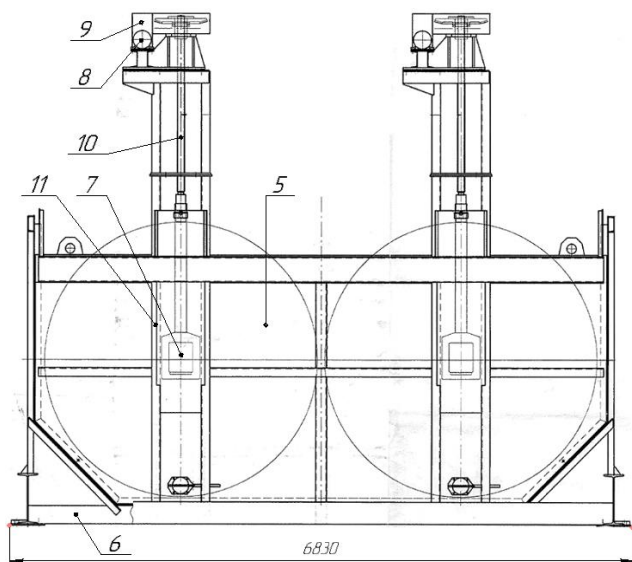


Рис 2.2 – Оновлена модель класифікатора 2КСН-30: 1 – двигун приводу спіралі; 2 – планетарний редуктор; 3 – траверса поворотна; 4 – спіраль; 5 - корито; 6 - рама; 7 – опора спіралі занурена; 8 – двигун підйому спіралі; 9 – редуктор циліндроконічний; 10 - тяга; 11 – напрямні; 12 – лоток живлення; 13 – розвантаження пісків

При повторному запуску осілі у кориті піски поступово видаляються шляхом контрольованого опускання спіралей 4, що дозволяє уникнути перевантажень та надмірних механічних напружень у приводному механізмі.

У нижній частині корита 5 формується осаджувальний басейн, куди пульпа надходить через жолоб 12. Об'єм і площа басейну визначаються кутом нахилу корита 5 ($18^{\circ}30'$) та висотою нижньої торцевої стінки (порога), через який відбувається виведення дрібних фракцій матеріалу у злив. Перетинаючи поріг, зливний потік спрямовується у жолоб нижньої торцевої стінки для подальшої обробки.

Розглянемо принцип дії класифікатора.

Спіралі 4, що повільно обертаються, роблять необхідне змучування пульпи у басейні 5 і переміщують крупні піски похилим днищем корита вгору до розвантажувального вікна 13. Звідси піски спрямовуються для доподрібнення у млин, оскільки зазвичай класифікатор працює з ним в замкнутому циклі.

Піски в кориті 5 рухаються по центру, простір біля бічних стінок служить для зворотного стоку води.

При випадкових перервах в роботі кінці спіралей, що знаходяться в осадному басейні, піднімаються вгору, для цього на вал спіралі встановлюється підйомний механізм, що складається з електродвигуна 8, редуктора 9. Такий пристрій виключає замулювання непрацюючих спіралей і дозволяє при відновленні роботи виробити піски, що осіли в кориті, при поступовому

опусканні спіралей, що обертаються, уникаючи підвищення напруги і перевантаження в елементах спіралей і приводів.

У нижній частині корита утворюється осаджувальний басейн пульпи, яка вводиться жолобом через бічне розвантажувальне вікно. Об'єм і поверхня басейну визначаються кутом нахилу корита ($18^{\circ}30'$) і заввишки нижньої торцевої стінки (порогу), через яку виводиться в злив тонка фракція матеріалу. Переливаючись через поріг, злив поступає в лоток нижньої торцевої стінки і спрямовується в наступну обробку.

Підйом спіралей і їх обертання при опусканні забезпечуються наявністю на приводному кінці кожної спіралі поворотної траверси 9 і зубчастої конічної пари що складається з коліс 8 і 10.

Привод спіралей класифікатора 2КСН-30 у старому варіанті наведено на рис (рис.2.3). Він складається: з електродвигуна АО93-8/4 потужністю 28 кВт 1, який перетворює електричну енергію на механічну, створюючи обертальний момент, який передається через втулково-пальцьову муфту 2, на швидкохідний вал редуктора 3. Обертальний момент далі передається через тихохідний вал редуктора, сполучений зубчастою муфтою 4 на швидкохідну вал-шестерню 5, встановлену на підшипниках гойдання 6. За допомогою зубчастого зачеплення обертальний момент передається на циліндричне колесо 7, яке встановлене на тихохідному проміжному валу 8. Цей вал спирається на підшипники ковзання 10.

На кінцях проміжного валу 8 встановлені конічні колеса 9 за допомогою яких обертальний момент рівномірно розділяючись передається на конічні колеса 13 встановлених на валах спіралей класифікатора 14. Підйом спіралей і їх обертання при опусканні забезпечуються наявністю на приводному кінці кожної спіралі поворотної траверси 16, яка спирається на підшипники ковзання 15. У свою чергу вал спіралі класифікатора спирається на підшипник ковзання 12 і радіально-упорний 11.

У новій моделі класифікатора 2КСН-30 спіралі мають індивідуальний привод (рис 2.4), що спрощує конструкцію та покращує експлуатаційні характеристики машини в цілому. Оновлений привод складається: з двох електродвигунів А200L6Т2 потужністю 30 кВт 1 (по одному на кожену спіраль), які

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		28

перетворюють електричну енергію на механічну. Двигуни мають францеве виконання і поєднані з планетарними редукторами 2 без проміжних ланок у вигляді муфт. Корпус редуктора зкріплений у поворотній траверсі, що спирається на підшипники ковзання 3. Обертальний момент від редуктора 2 передається на зубчасту муфту 5 і далі на спіраль 4. Вал спіралі класифікатора спирається на підшипник ковзання 7 і радіально-упорний 6.

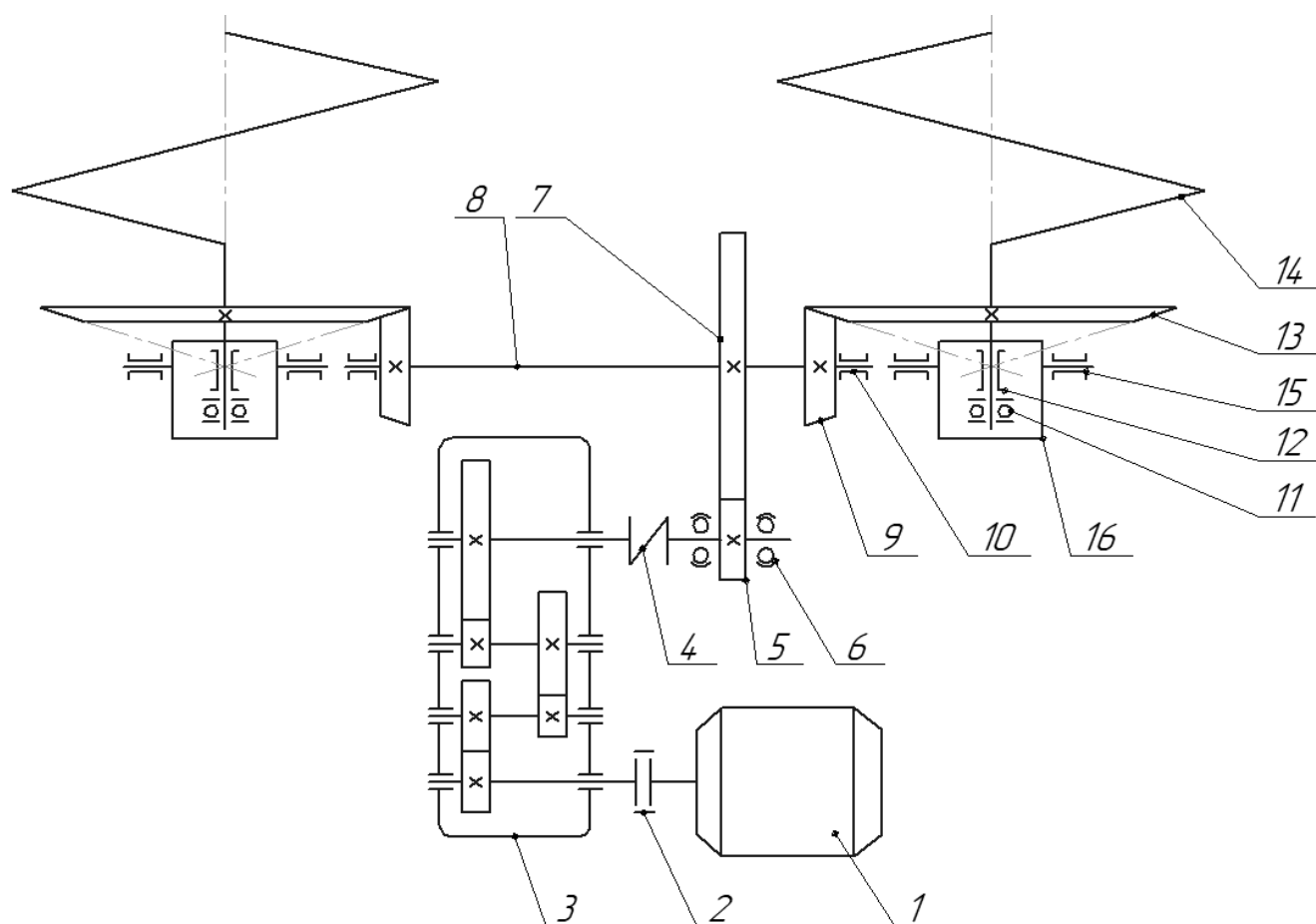


Рис 2.3 - Кінематична схема старої моделі приводу класифікатора 2КСН-30: 1 - електродвигун; 2 - муфта втулково-пальцева; 3 - редуктор; 4 - муфта зубчаста; 5 - швидкохідний проміжний вал-шестерня; 6 - підшипники кочення; 7 - колесо циліндричне; 8 - тихохідний проміжний вал; 9 - конічне колесо; 10 - підшипник ковзання; 11 – радіально-упорний підшипник; 12 - підшипник ковзання; 13 - конічне колесо; 14 - вал спіралі класифікатора; 15 - підшипник ковзання; 16 - поворотна траверса.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	
Инв. № дубл.				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ

Лист 29

Рис 2.3 - Кінематична схема старої моделі приводу класифікатора 2КСН-30: 1 - електродвигун; 2 - муфта втулково-пальцева; 3 - редуктор; 4 - муфта зубчаста; 5 - швидкохідний проміжний вал-шестерня; 6 - підшипники кочення; 7 - колесо циліндричне; 8 - тихохідний проміжний вал; 9 - конічне колесо; 10 - підшипник ковзання; 11 – радіально-упорний підшипник; 12 - підшипник ковзання; 13 - конічне колесо; 14 - вал спіралі класифікатора; 15 - підшипник ковзання; 16 - поворотна траверса.

Якщо радіальні зазори у підшипниках різні, то більше радіальне навантаження сприймає той підшипник, який має менший радіальний зазор. При цьому створюється перекидаючий момент щодо осі шарніра. Корпус 1, повертаючись щодо горизонтальної осі, перпендикулярній осі обертання валу спіралі, вибирає радіальний зазор в другому підшипнику і, тим самим, забезпечує рівномірне навантаження на обидва підшипники. Поворот корпусу відбувається в межах, допустимих для роликових сферичних підшипників, розміщених в корпусі опори.

Виконання осі шарнірів перпендикулярно осі обертання валу дозволяє подовжити термін служби опори.

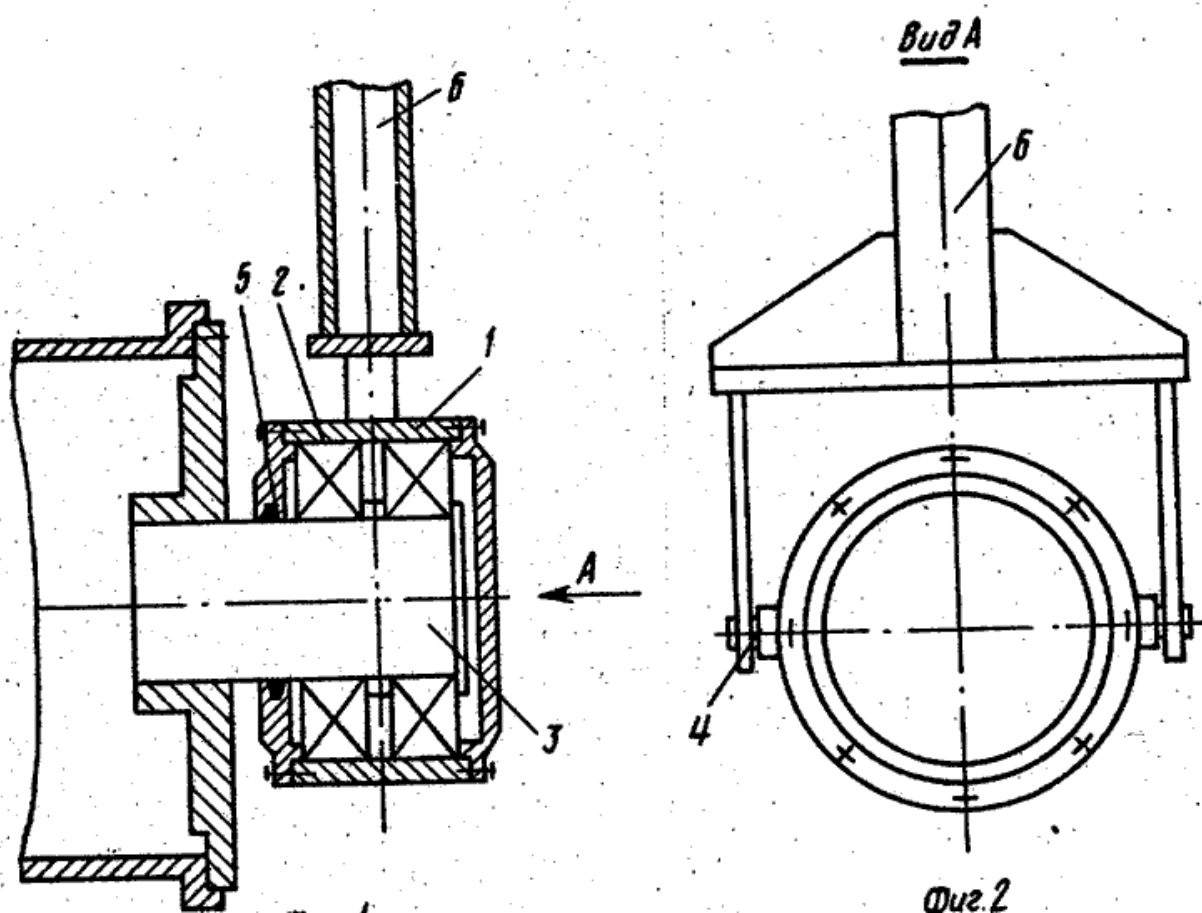


Рис 2.5 – Опора нижня спіралі

Розглянемо будову верхнього підвісу спіралі (рис 2.6).

Спіральний класифікатор включає похиле корито 1, в якому розташований вал спіралі 2, в нижній частині спирається на нижню опору 3, яка висить на механізмі підйому спіралі 4, у верхній опорі цапфи 5, мотор-редуктора 6, спіраль

Попл. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Попл. и дата	Инв. № подл.						Лист	
										31	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ						

спирається на скобу 7, яка своїм шкворнем 8 посаджена в рамі 9 на підшипниках ковзання 10 і 11.

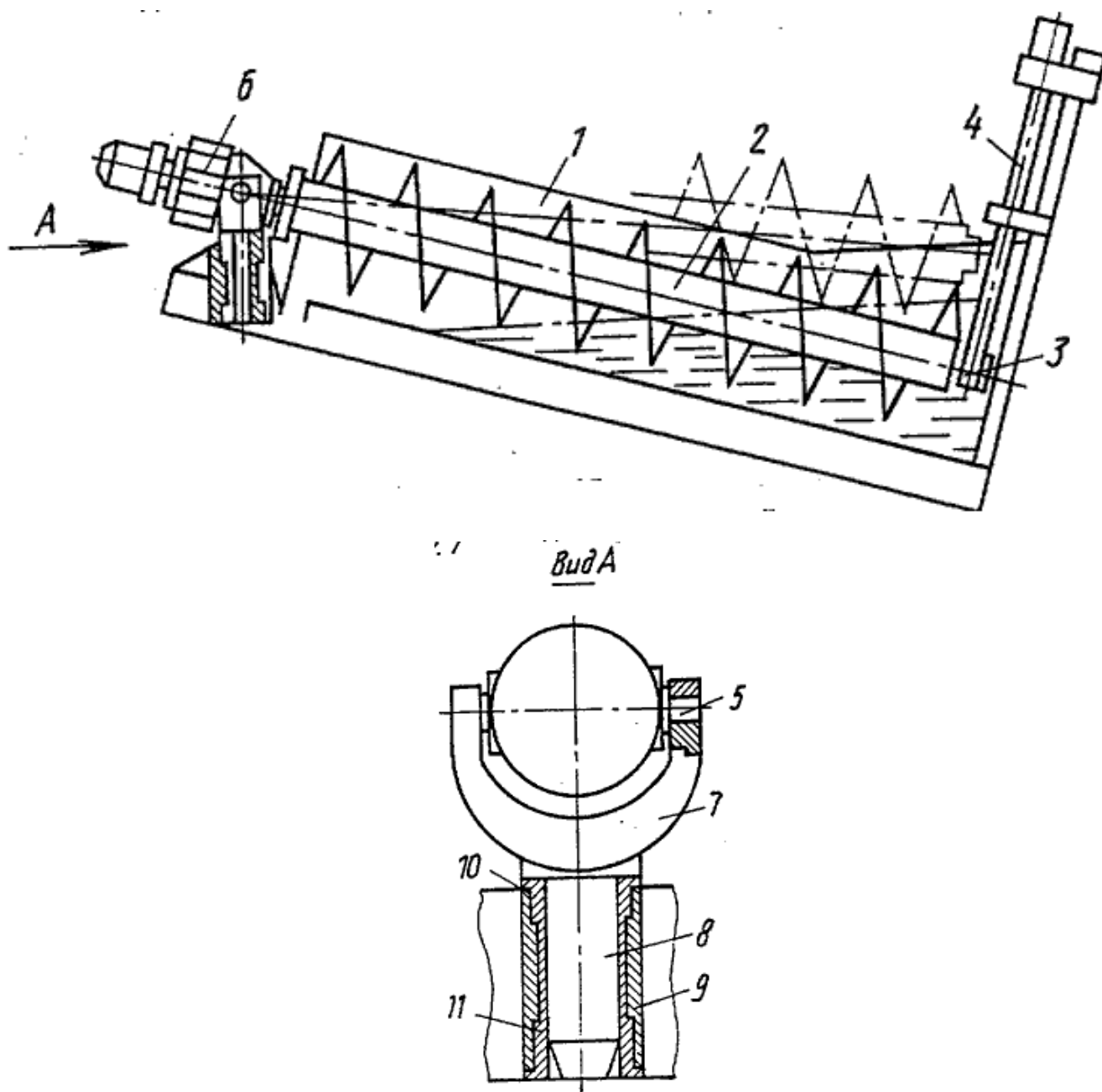


Рис 2.6 - Опора верхня класифікатора

У вихідному положенні задня опора 3 знаходиться в піднятому положенні на механізмі підйому спіралі 4. При запуску мотор-редуктора 6 починає обертатися вал спіралі 2, а механізм підйому спіралі 4 починає опускати нижній кінець вала спіралі 2 в пульпу. При цьому цапфи 5 мотор-редуктора 6 обертаються в підшипниках скоби 7. Вал спіралі 2 сприймає все технологічне навантаження, яка має і бічну складову від матеріалу, що транспортується, що

Ине. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ине. № дубл.			
Ине. № инв.			
Ине. № инв.			

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

викликає вигинаючий момент в горизонтальному напрямку, а значить і поперечну деформацію вала спіралі 2, яка можлива ще й від зсуву нижньої опори 3, в слідстві зносу її підшипника в горизонтальному напрямку. Цей момент на верхній опорі вала спіралі 2 усувається шкворнем 8, який повертається в підшипниках 10 і 11 рами. Шкворень 8 закріплений до скоби 7 таким чином, що його вісь перпендикулярна осі цапф 5 мотор-редуктора 6 і перетинається з нею. Таким чином усувається пружний елемент з зубчастої муфтою і як наслідок додаткова навантаження на раму 9 від моменту в горизонтальному напрямку, так як зникає плече від зубчастої муфти до цапф мотор-редуктора 6.

Виконання верхньої опори у вигляді скоби, закріпленої на шворні, установленному на рамі в підшипниках, виключає застосування недовговічного пружного елемента з зубчастої муфтою, і як наслідок знімається додаткове навантаження на раму корита тому, що зникає плече від зубчастої муфти до цапф мотор-редуктора, при цьому довговічність роботи шворня в підшипниках рами набагато більшою ніж пружного елемента.

Розглянемо будову робочого органу класифікатора – спіралі.

Спіраль класифікатора являє собою товстостінну трубу (рис 2.7), на кінцях якої наварено фланці. До фланців підєднуються верхня та нижня цапфи. По усій довжини труби наварено кронштейни кріплення секторів спіралі. Сама спіраль зроблено не цільною, а з окремих секторів, які кріпляться за допомогою болтових кріплень на кронштейни. Це зроблено для того щоб була змога легко і швидко проводити заміну зношених секторів спіралі не розбираючи увесь класифікатор.

Зовнішня частина труби та кронштейни секторів спіралі вкриті шаром спеціального захисного покриття, що запобігає ржавінню та знижує гідроабразивне зношення.

На секторах спіралі закріплюється футерування. Використовується чавунне та гумове футерування. Найбільш поширеним є гумове футерування. Елементи футерування закріплюються на секторах за допомогою болтових з'єднань задля спрощення заміни при їх зношенні.

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		33



Рис 2.7. – Спіраль класифікатора

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.			
Инв. № инв.			
Инв. № инв.			

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

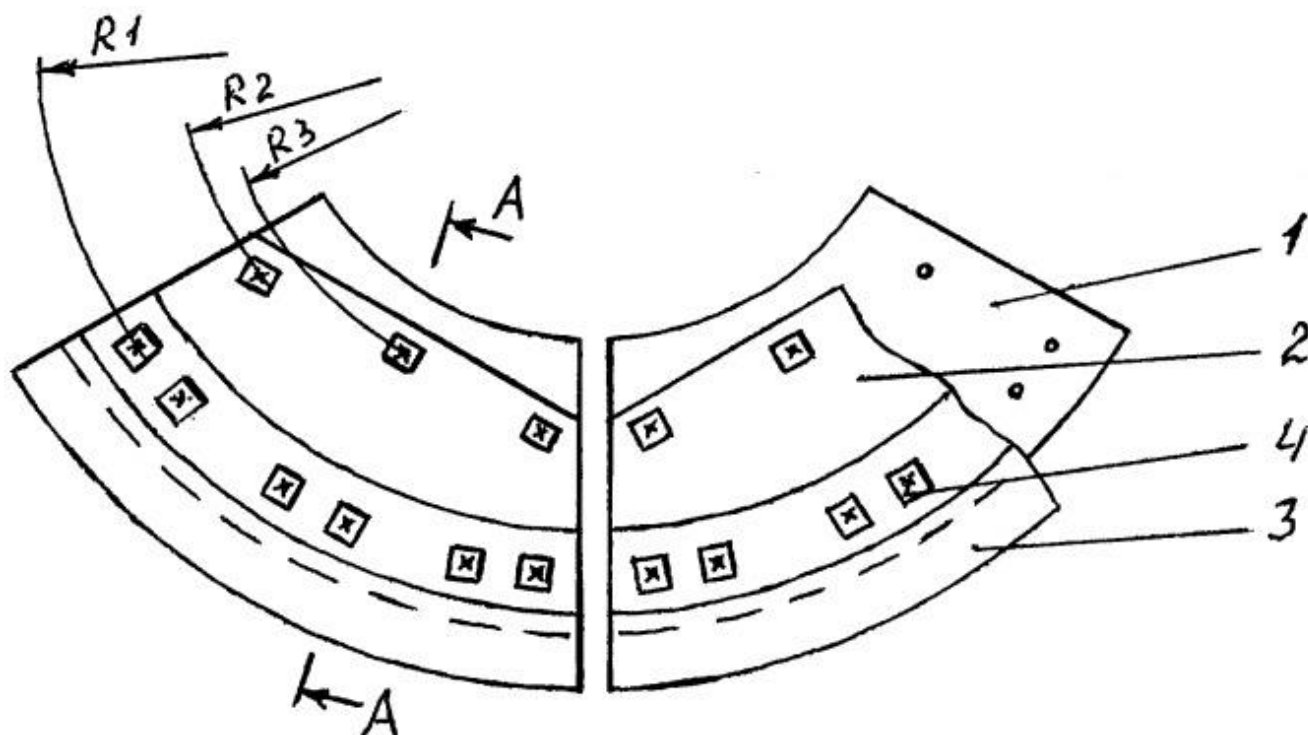
Футерування спіральних класифікаторів призначене для захисту робочих поверхонь від абразивного зносу, що забезпечує тривалий термін експлуатації обладнання. Воно встановлюється на спіралі класифікаторів. Як матеріал для футеровки використовується зносостійка гумова суміш марки 76-У-126.

Основні переваги гумового футерування:

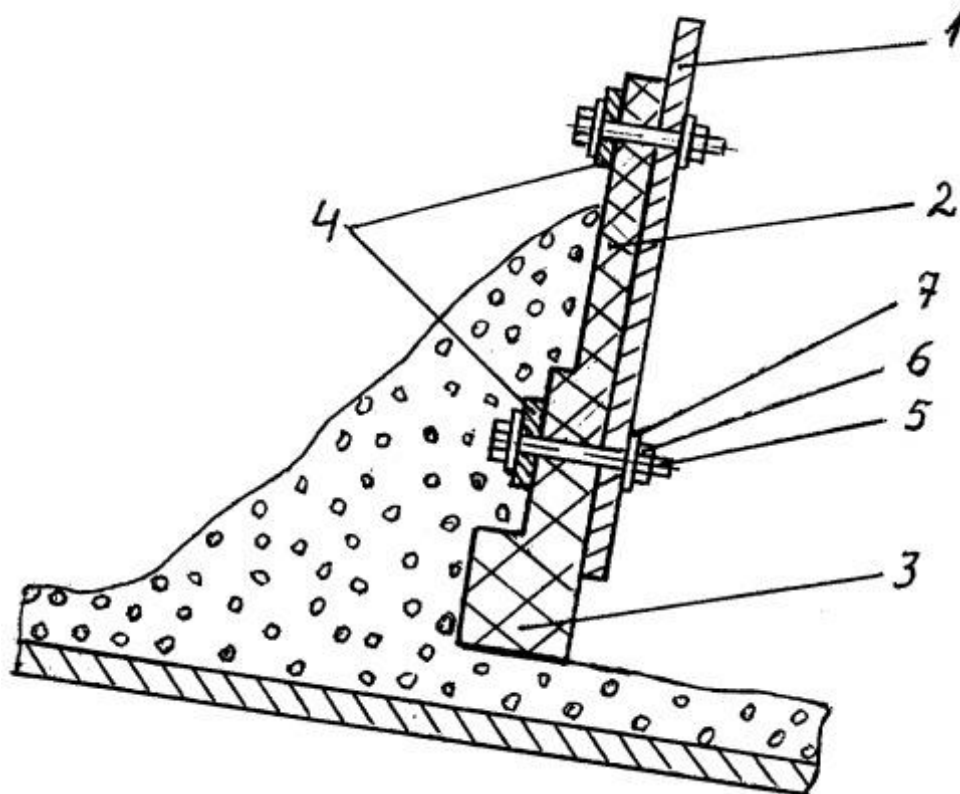
- Тривалість експлуатації гумових футеровок у 3-4 рази перевищує термін служби металевих футеровок із високолегованих хромистих сплавів (наприклад, ГХ28Н2).
- Ребриста структура гумового покриття створює ефект самофутерування, що підвищує його зносостійкість, гнучкість і краще захищає спіралі від абразивного впливу.
- Сектора гумової футеровки мають повну взаємозамінність з металевими аналогами завдяки однаковим габаритним розмірам та кріпильним елементам.

Конструктивно гумове футерування (рис 2.8) складається з футеровочних плит, закріплених на лопатях спіралі. Плити мають форму багатогранника з потовщеною консольною частиною, яка приймає на себе основне навантаження

під час переміщення пульпи. Кріплення плит здійснюється за допомогою накладних незавулканізованих планок та болтових з'єднань. Отвори для болтів розташовані на різних радіусах (R_1 , R_2 , R_3), що забезпечує надійну фіксацію.



A - A



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.			
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.
Дат			

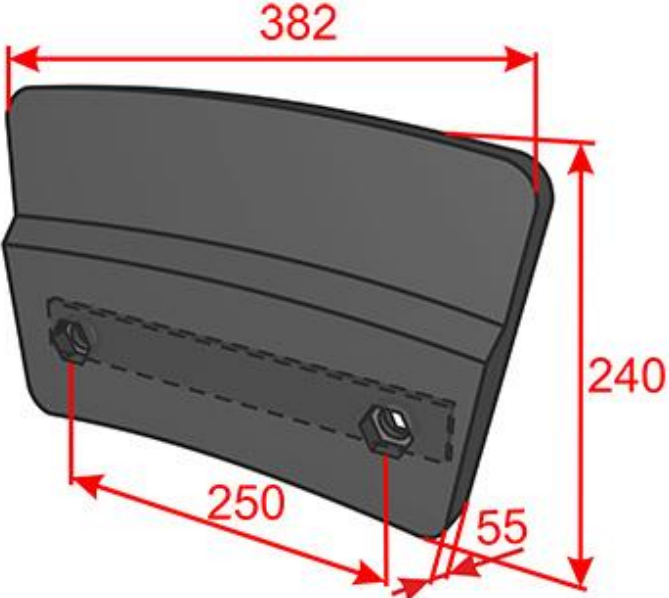
Рис 2.8 – Гумове футерування

Під час роботи класифікатора футеровочні плити контактують із шаром пульпи, захищаючи металеві лопаті від зносу. Основне навантаження припадає на потовщену консольну частину плит, що забезпечує підвищену зносостійкість конструкції.

Гумова футеровка є ефективним рішенням для захисту спіральних класифікаторів завдяки високій зносостійкості, довговічності та простоті обслуговування.

Типи гумового футерування спіралей класифікатора 2КСН-30 наведено у табл 2.2

Таблиця 2.2 – Типи футерування

Ескіз	Маркування	Маса сектора футерування (кг)	Приєднаний розмір (мм)	Середній строк служби (міс.)
	M449-34	3.5	250	15-18

Инва. № подл.	Подп. и дата	Инва. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

	Г2-М449-34	4.3	250	24-36
--	------------	-----	-----	-------

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ

3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ КЛАСИФІКАТОРА СПІРАЛЬНОГО 2КСН-30

3.1. Аналіз продуктивності класифікатора

Продуктивність спіральних класифікаторів визначається за емпіричними формулами:

– продуктивність по зливу, т/год

$$Q_{зл} = 4,56 \cdot m \cdot K_{\beta} \cdot K_{\delta} \cdot K_C \cdot K_{\alpha} \cdot D^{1.765} \quad (3.1)$$

– продуктивність по пісках, т/год

$$Q_n = 5,45 \cdot m \cdot n \cdot K_{\delta} \cdot K_{\alpha} \cdot D^3 \quad (3.2)$$

де m – кількість спіралей;

n – частота обертання спіралі, об/хв;

D – діаметр спіралі класифікатора, м;

$K_{\beta} = 3.001 - 0.026 \cdot T_{0,074}$ – коефіцієнт, що враховує крупність зливу;

$T_{0,074}$ – вміст класу – 0.074 мм у зливі класифікатора, %;

$K_{\delta} = \frac{\rho}{2700}$ – коефіцієнт, що враховує щільності твердого;

ρ – щільність твердого, кг/м³;

$K_{\alpha} = 1,558 - 0,031 \cdot \alpha$ – коефіцієнт, що враховує кут нахилу корита класифікатора;

α – кут нахилу спіралі класифікатора, град;

$K_C = 0,323 + 8 \cdot 10^{-6} \cdot \rho - 0,014 \cdot \Delta R - 9 \cdot 10^{-10} \cdot \rho^2 + 0,0086 \cdot \Delta R^2 + 2,46 \cdot 10^{-4} \cdot \rho \cdot \Delta R$ – коефіцієнт, що враховує густину зливу класифікатора;

$\Delta R = \frac{R_T}{R_{2,7}}$ – відношення фактичного до базисного розбавлення зливу, %;

$R_T = \frac{100 - T_{зл}}{T_{зл}}$ – фактичне розбавлення зливу, %;

$T_{зл}$ – фактичний вміст твердого у зливі класифікатора, %;

$R_{2,7} = \frac{100 - T_{2,7}}{T_{2,7}}$ – базисне розбавлення зливу, %;

$T_{2,7} = 49,294 - 0,345 \cdot T_{0,074}$ – базисний вміст твердого у зливі класифікатора, %;

$T_{0,074}$ – вміст класу -0,074 мм у зливі класифікатора, %;

Ине. № подл	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ρ – щільність твердого, кг/м ³ ;	
					$K_{\alpha}=1,558-0,031\cdot\alpha$ – коефіцієнт, що враховує кут нахилу корита класифікатора;	
					α – кут нахилу спіралі класифікатора, град;	
					$K_C=0,323+8\cdot10^{-6}\cdot\rho-0,014\cdot\Delta R-9\cdot10^{-10}\cdot\rho^2+0,0086\cdot\Delta R^2+2,46\cdot10^{-4}\cdot\rho\cdot\Delta R$ – коефіцієнт, що враховує густину зливу класифікатора;	
					$\Delta R=\frac{R_T}{R_{2,7}}$ – відношення фактичного до базисного розбавлення зливу, %;	
Ине. № подл	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	$R_T=\frac{100-T_{3л}}{T_{3л}}$ – фактичне розбавлення зливу, %;	
					$T_{3л}$ – фактичний вміст твердого у зливі класифікатора, %;	
					$R_{2,7}=\frac{100-T_{2,7}}{T_{2,7}}$ – базисне розбавлення зливу, %;	
					$T_{2,7}=49,294-0,345\cdot T_{0,074}$ – базисний вміст твердого у зливі класифікатора, %;	
					$T_{0,074}$ – вміст класу -0,074 мм у зливі класифікатора, %;	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ	Лист
						39

Проведемо аналіз продуктивності спірального класифікатора 2КСН-30.

Ланцюг, у якому працює класифікатора наведено на рис 3.1.

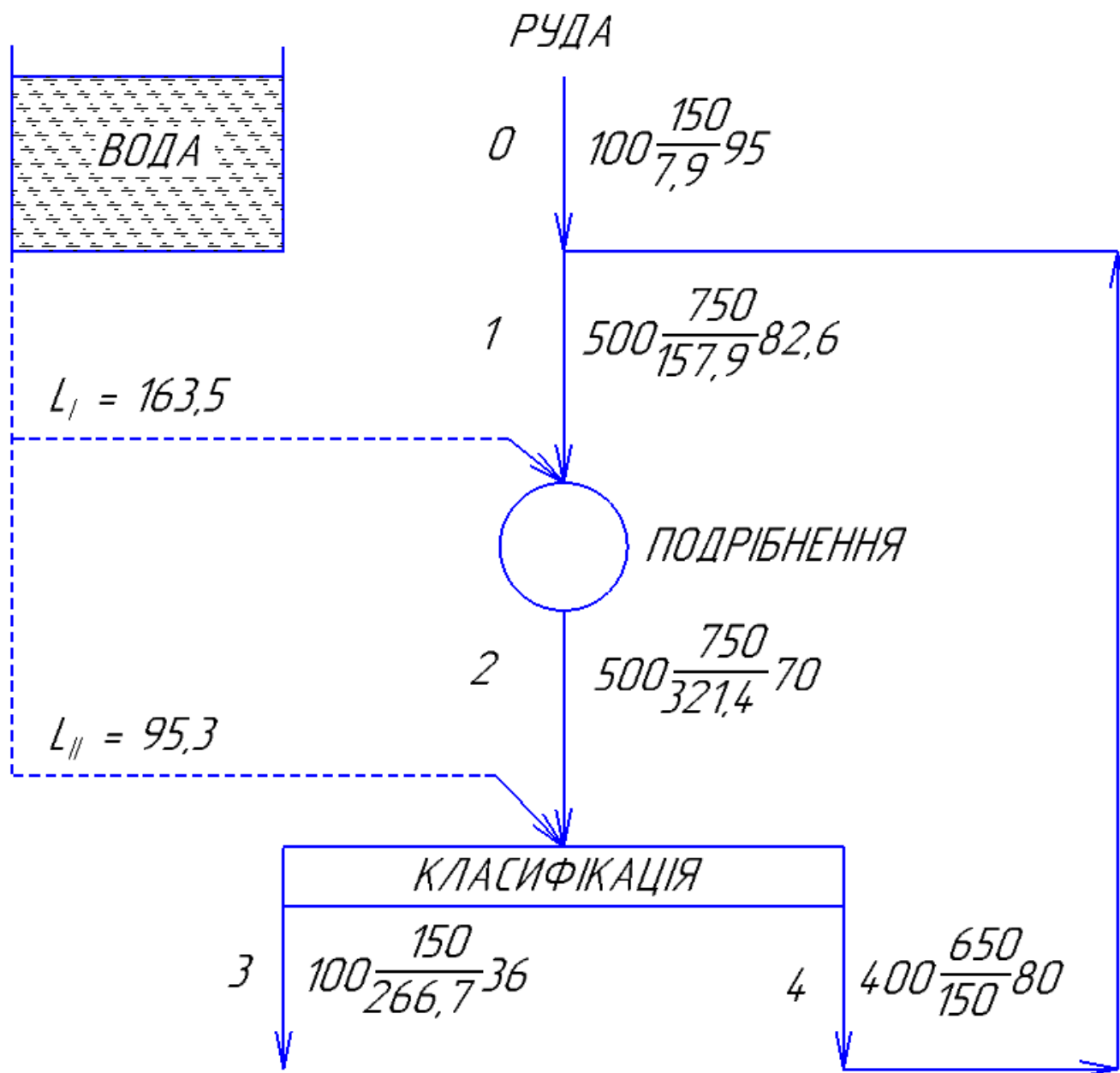


Рис 3.1 – Ланцюг збагачення

Залежність продуктивності спірального класифікатора 2КСН-30 по зливу від фактичного вмісту твердого у зливі класифікатора $T_{зл}$, яке у реальних умовах експлуатації може коливатися у межах від 15% до 45% та вмісту класу -0,074 мм у зливі класифікатора, яке може коливатися у межах від 15% до 95% наведено на рис 3.2, 3.3.

Ине. № подп.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Ине. № подп.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

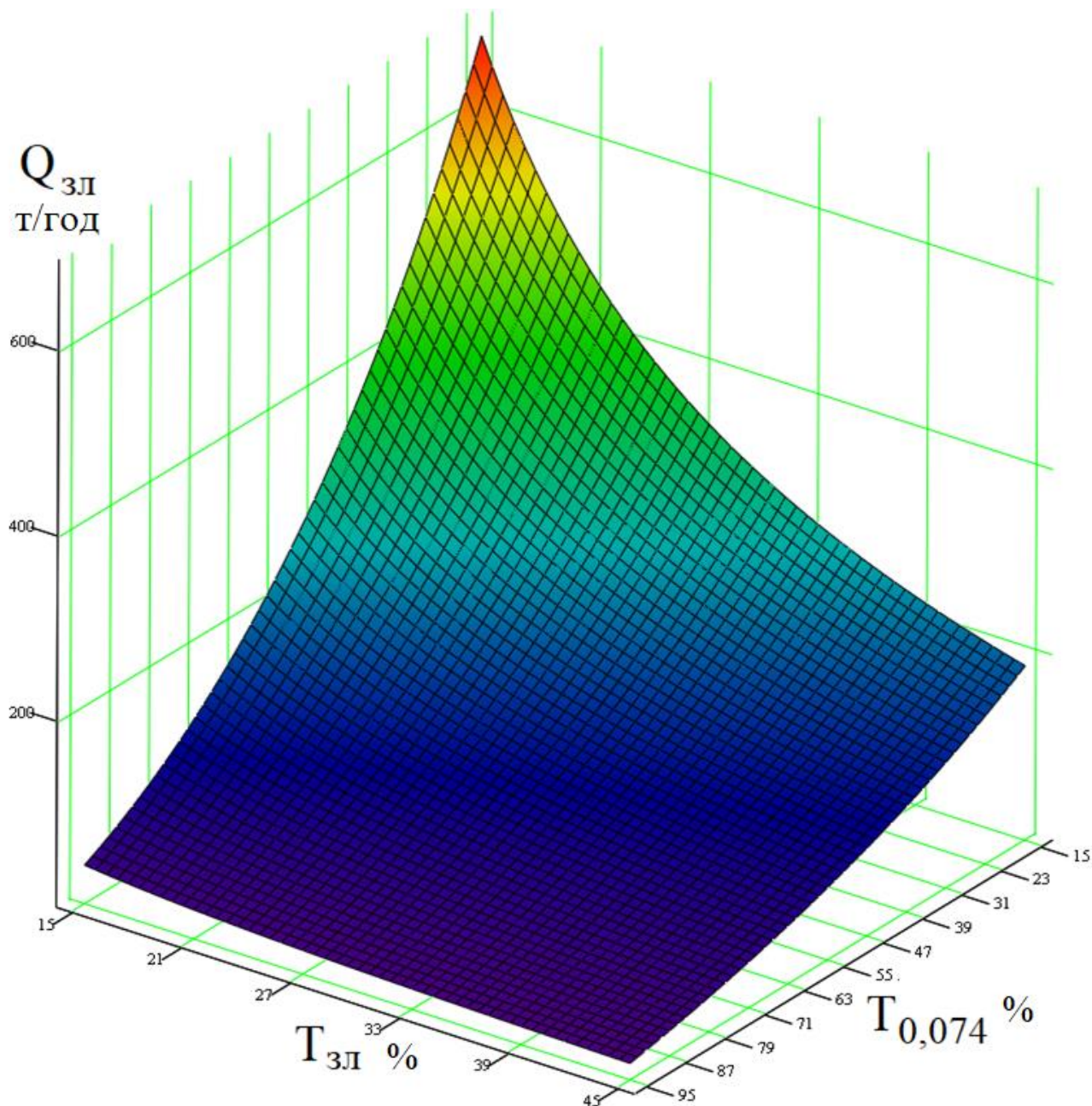


Рис 3.2 – Залежність продуктивності спірального класифікатора 2КСН-30 по зливу від фактичного вмісту твердого у зливі класифікатора $T_{3л}$ та вмісту класу - 0,074 мм у зливі класифікатора

Очевидно, що чим більше розвантажується твердого класу -0,074 мм у злив класифікатора, тим більше його продуктивність по зливу.

Ине. № подп.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Ине. № подп.	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Взам. инв. №
Ине. № подп.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

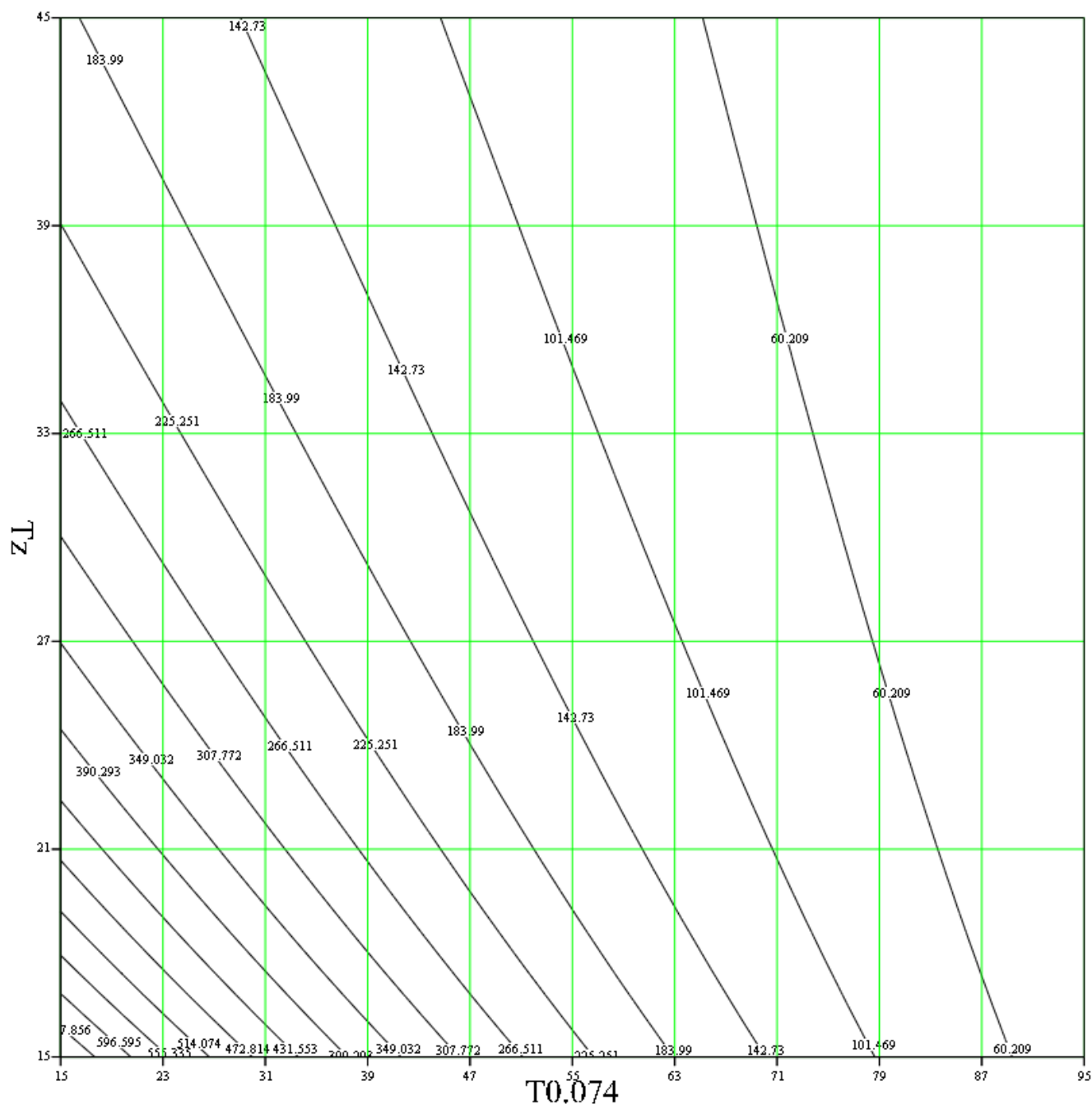


Рис 3.3 – Залежність продуктивності спірального класифікатора 2КСН-30 по зливу від фактичного вмісту твердого у зливі класифікатора $T_{3л}$ та вмісту класу - 0,074 мм у зливі класифікатора

Причому спостерігається пряма квадратична залежність між продуктивністю спірального класифікатора 2КСН-30 по зливу від фактичного вмісту твердого у зливі класифікатора $T_{3л}$ та вмісту класу -0,074 мм у зливі класифікатора.

За нормальних умов роботи класифікатора при фактичному вмісті твердого у зливі класифікатора $T_{зл} = 36\%$ та вмісту класу $-0,074$ мм у зливі класифікатора $T_{0,074} = 55\%$, продуктивність по зливу складе 98,5 т/год, що менше за паспортну.

3.2. Аналіз потужності на спіралі класифікатора

Потрібна потужність на валу спіралі визначається за наступною емпіричною формулою, кВт [8]:

$$N_c = K_1 \cdot m \cdot n \cdot D \cdot M_c + K_2 \cdot Q_n \cdot l \quad (3.3)$$

де M_c – маса спіралі, т;

l – довжина спіралі, м;

K_1 , K_2 – коефіцієнти, що залежать від номінальної крупності пісків і визначаються за табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Коефіцієнти K_1 , K_2

Коефіцієнти	Значення коефіцієнтів K_1 , K_2 для номінальної крупності пісків, мм			Кут нахилу спіралі	Область використання
	До 1,6	Від 1,6 до 8,0	Від 8,0 до 95		
K_1	0,049	0,062	Від 0,1 до 0,131	–	Для класифікаторів зі спіраллю діаметром від 1,2 м до 3 м
K_2	0,0025	0,033	Від 0,0041 до 0,0047	Від 15° до 18°	
	0,0028	0,0036	Від 0,0044 до 0,005	Від 23° до 24°	
K_1	0,109	0,131	0,196	–	Для класифікаторів зі спіраллю діаметром від 0,3 м до 0,75 м
K_2	0,041	0,0047	0,0066	–	

Залежність необхідної потужності від частоти обертання спіралей n , що може коливатися від 1,6 об/хв до 3,2 об/хв, згідно технічним характеристикам та крупності пісків d , мм, що може коливатися від 1,8 до 95 мм, наведена на рис 3.5, 3.6.

Очевидно, що чим більше частота обертання спіралей та крупність породи у пісках, тим більша потужність потрібна на спіралі.

Ине. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Ине. № инв.	Подп. и дата	Ине. № подп.						Лист 43
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ								

Спостерігається пряма залежність між потужністю на спіралі спірального класифікатора 2КСН-30 від частоти обертання спіралей та крупності матеріалу у пісках. Причому залежність між потужністю на спіралі від частоти обертання – лінійна зростаюча, а залежність між потужністю на спіралі від крупності матеріалу у пісках – логарифмічна зростаюча.

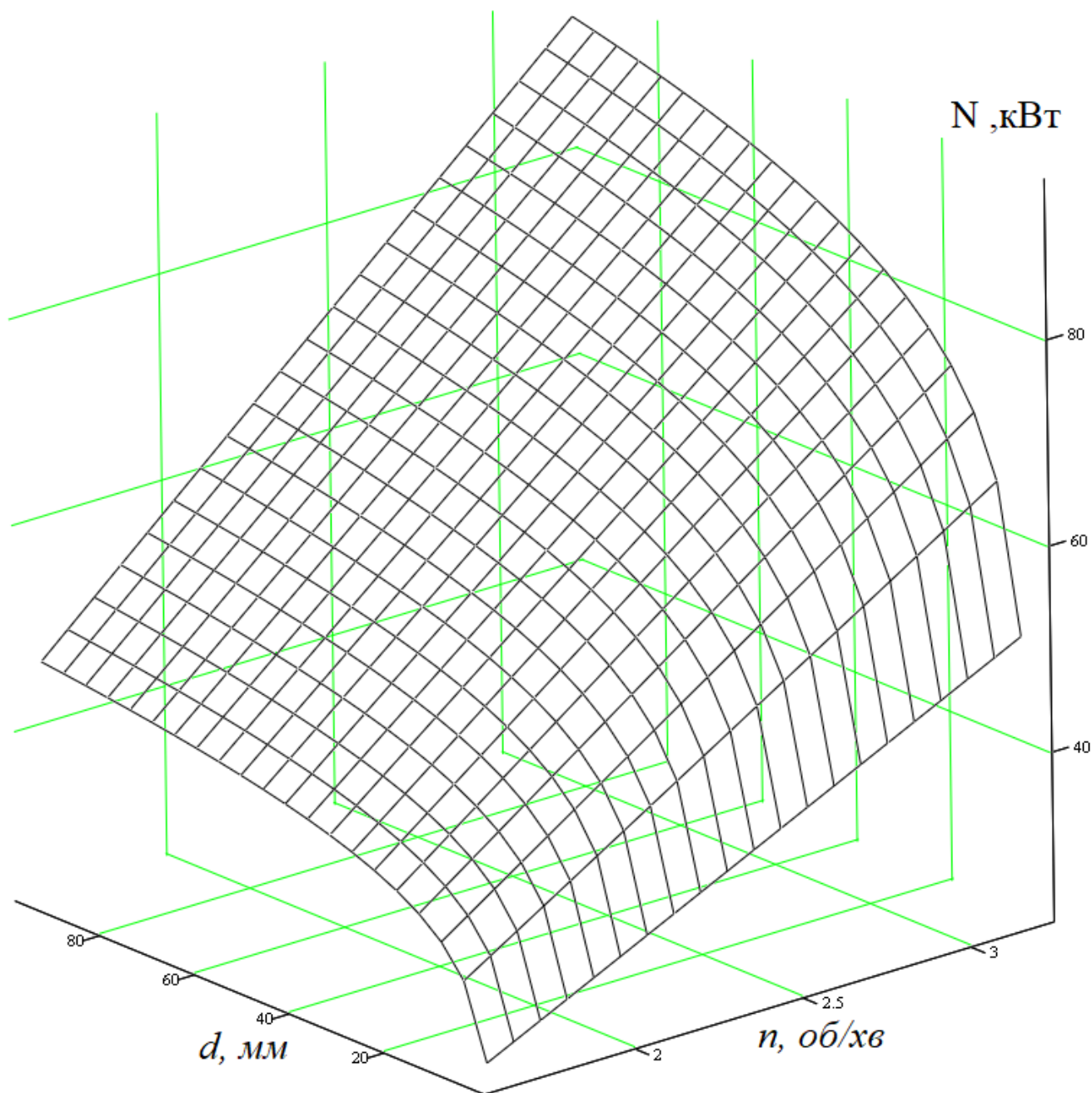


Рис 3.5 – Залежність необхідної потужності від частоти обертання спіралей n та крупності пісків d

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Ине. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

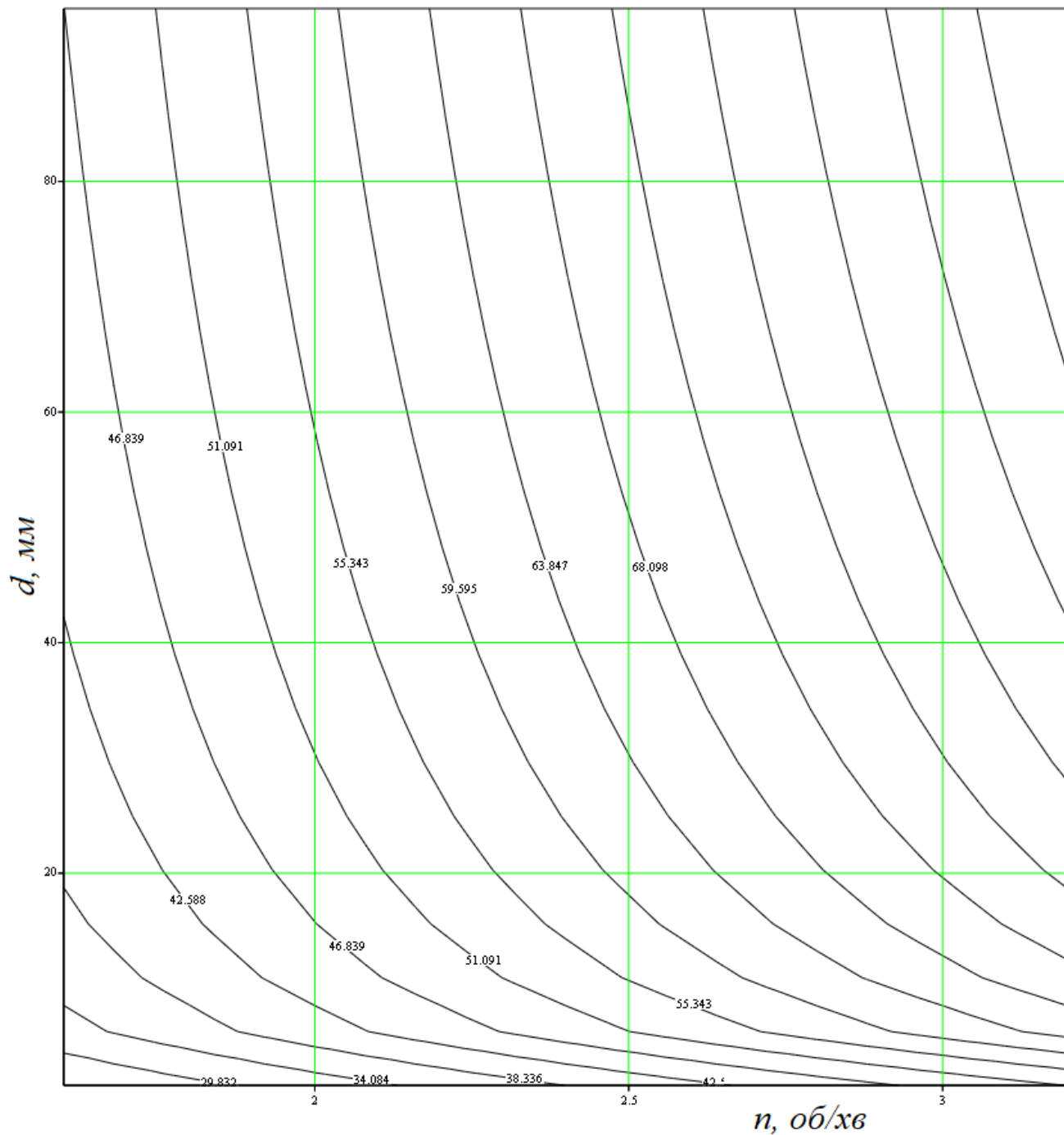


Рис 3.6 – Залежність необхідної потужності від частоти обертання спіралей та крупності пісків

Максимальна потужність може сягати 93,6 кВт. Але у класифікатор настільки крупний матеріал 95 мм практично ніколи не потрапляє. З досвіду експлуатації відомо, що крупність матеріалу пісків після млина зазвичай становить від 0,4 до 0,074 мм [20], отже потрібна потужність на спіралі має бути у межах від 18,3 кВт до 36,7 кВт.

Инва. № подл.	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инва. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

3.3. Аналіз навантаження на витки спіралі класифікатора

Проаналізуємо навантаження на витки спіралі класифікатора від транспортованих пісків.

Об'єм однієї порції пісків, що розташовані між двома витками спіралі, m^3 [3] (рис 3.7)

$$V_{n1s} = \frac{1}{3 \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha)} \cdot \left[\sqrt{D \cdot b - b^2} \cdot \left(\frac{3 \cdot D^2}{4} - D \cdot b - b^2 \right) + \frac{3 \cdot D^2}{4} - \left(b - \frac{D}{2} \right) \arccos \left(\frac{D - 2 \cdot b}{D} \right) \right] \quad (3.4)$$

де b – висота матеріалу на витку спіралі, м.

Зазвичай висота матеріалу на витку спіралі відповідає ширині спіралі. Для спіралі класифікатора 2КСН-30 $b = 750$ мм.

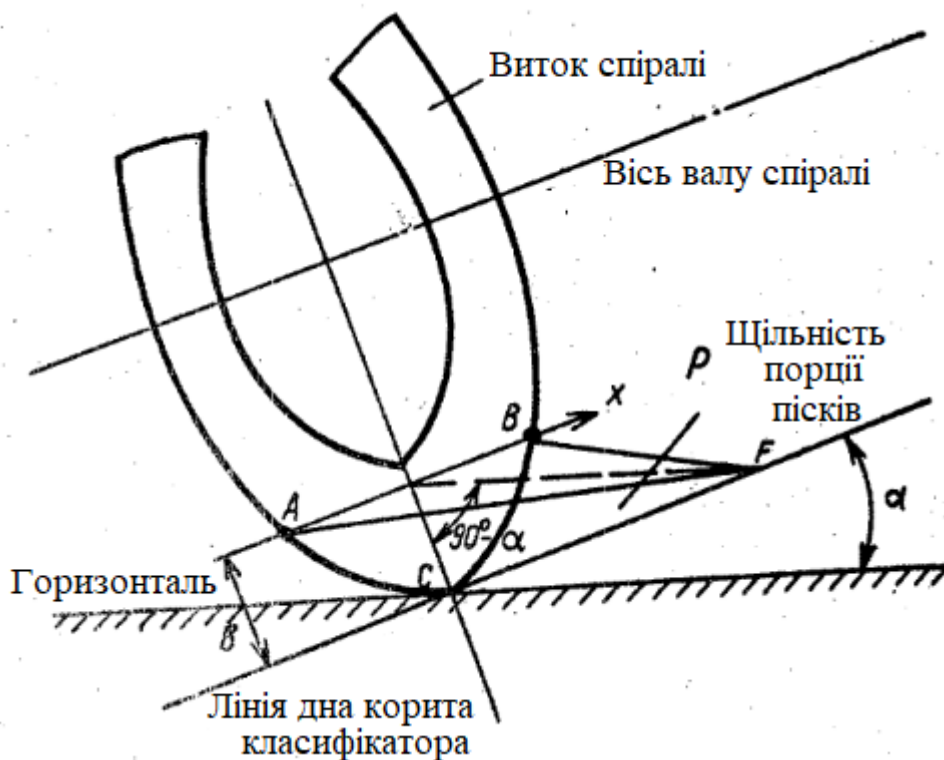


Рис 3.7 – Визначення об'єму однієї порції пісків, що розташовані між двома витками [3]

Сила, що діє на один виток спіралі, Н

$$F_{n1s} = V_{n1s} \cdot \rho \cdot g \cdot (\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha + f \cdot \cos \beta) \quad (3.5)$$

Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата			
Ине. № подл.	Подп. и дата				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	Лист
КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ					46

Рис 3.7 – Визначення об’єму однієї порції пісків, що розташовані між двома витками [3]

Сила, що діє на один виток спіралі, Н

$$F_{n1e} = V_{n1e} \cdot \rho \cdot g \cdot (\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha + f \cdot \cos \beta) \quad (3.5)$$

де $f = 0,2-0,4$ – коефіцієнт тертя твердого по футерівці спіралі (більше число для гумової футерівки, менше число для чавунної); $\beta = 12,5^\circ$ – кут нахилу гвинтової лінії спіралі.

Залежність сили, що діє на виток спіралі від транспортованого матеріалу, від щільності пісків та їх коефіцієнту тертя об футерівку наведена на рис 3.8, 3.9.

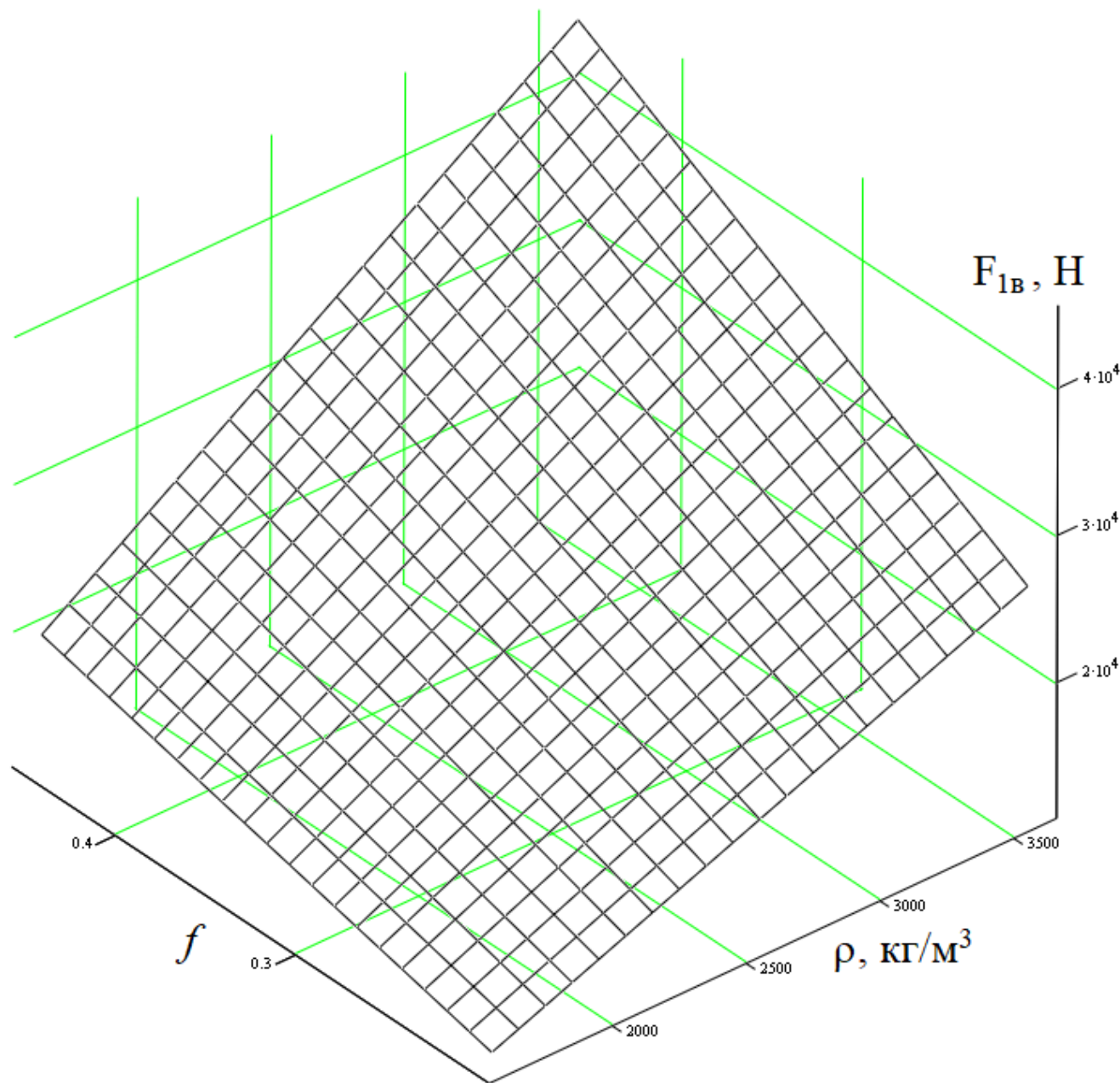


Рис 3.8 – Залежність сили, що діє на виток спіралі, від щільності пісків та їх коефіцієнту тертя об футерівку

Ине. № подп Подп. и дата Ине. № дубл. Взам. инв. № Подп. и дата						Лист 47
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ	

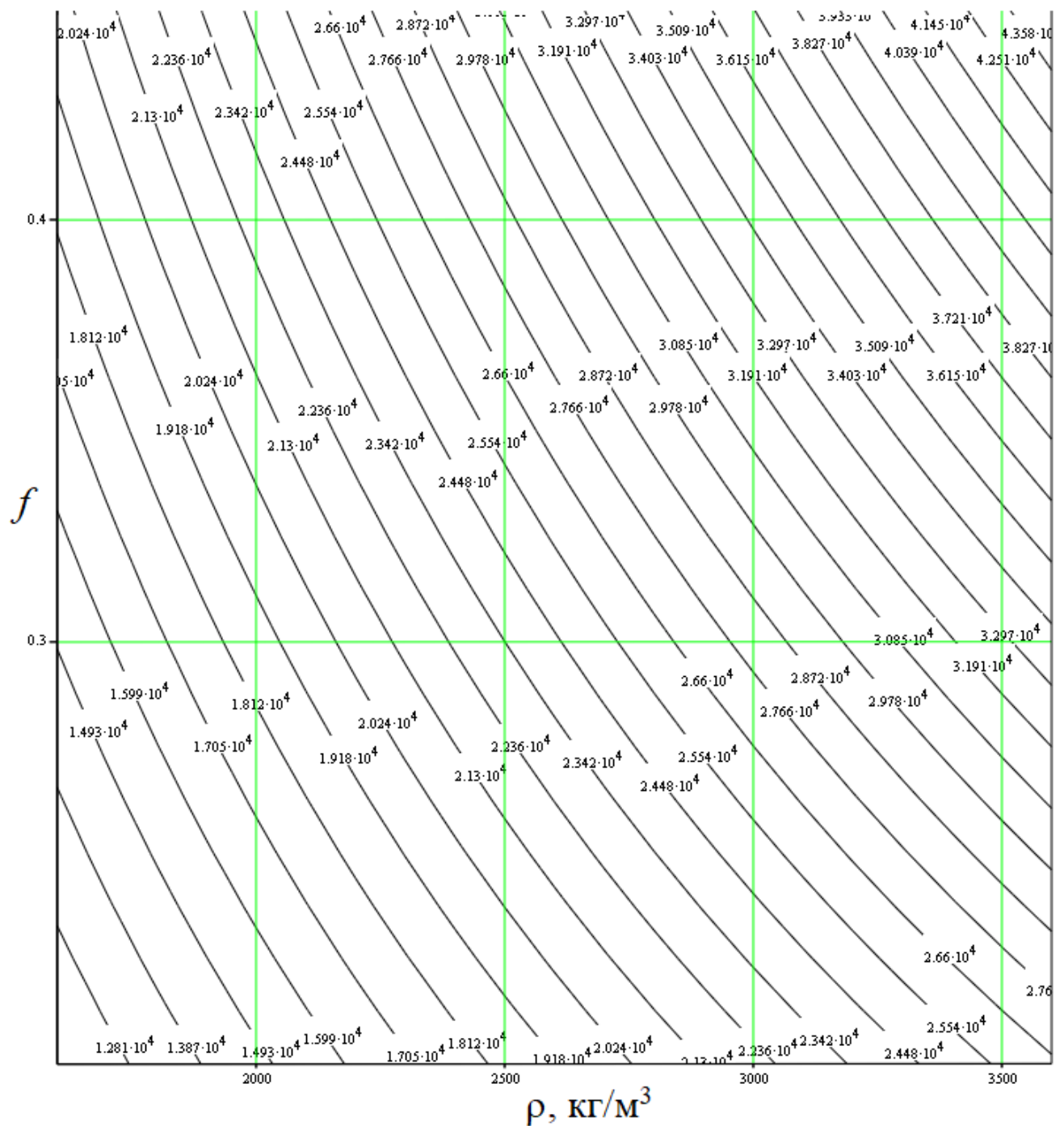


Рис 3.9 – Залежність сили, що діє на виток спіралі, від щільності пісків та їх коефіцієнту тертя об футерівку

Очевидно, що чим більша щільність та коефіцієнт тертя, тим більше буде зусилля на витки спіралі.

Спостерігається пряма лінійна залежність між силою на витку спіралі класификатора 2КСН-30 від щільності пісків та їх коефіцієнту тертя об футерівку.

Зусилля на спіралі залежно від коефіцієнту тертя від 0,2 до 0,4 змінюється

Ине. № подп.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ

Лист 48

від 22 кН до 34 кН для твердого щільністю 3000 г/м^3 , що відповідає подрібненій залізній руді з порожніми породами.

3.4. Аналіз міцності спіралі класифікатора

У результаті проведеного аналізу встановлено, що на спіраль класифікатора при транспортуванні пісків жолобом припадає досить велике навантаження - від 22 кН до 34 кН на кожен виток. Отже, потрібно провести аналіз міцності спіралі класифікатора, приділивши особливу увагу кріпленню сегментів спіралі до осі.

Для проведення аналізу на міцність було побудовано модель спіралі класифікатора 2КСН-30 у складанні (рис 3.10).

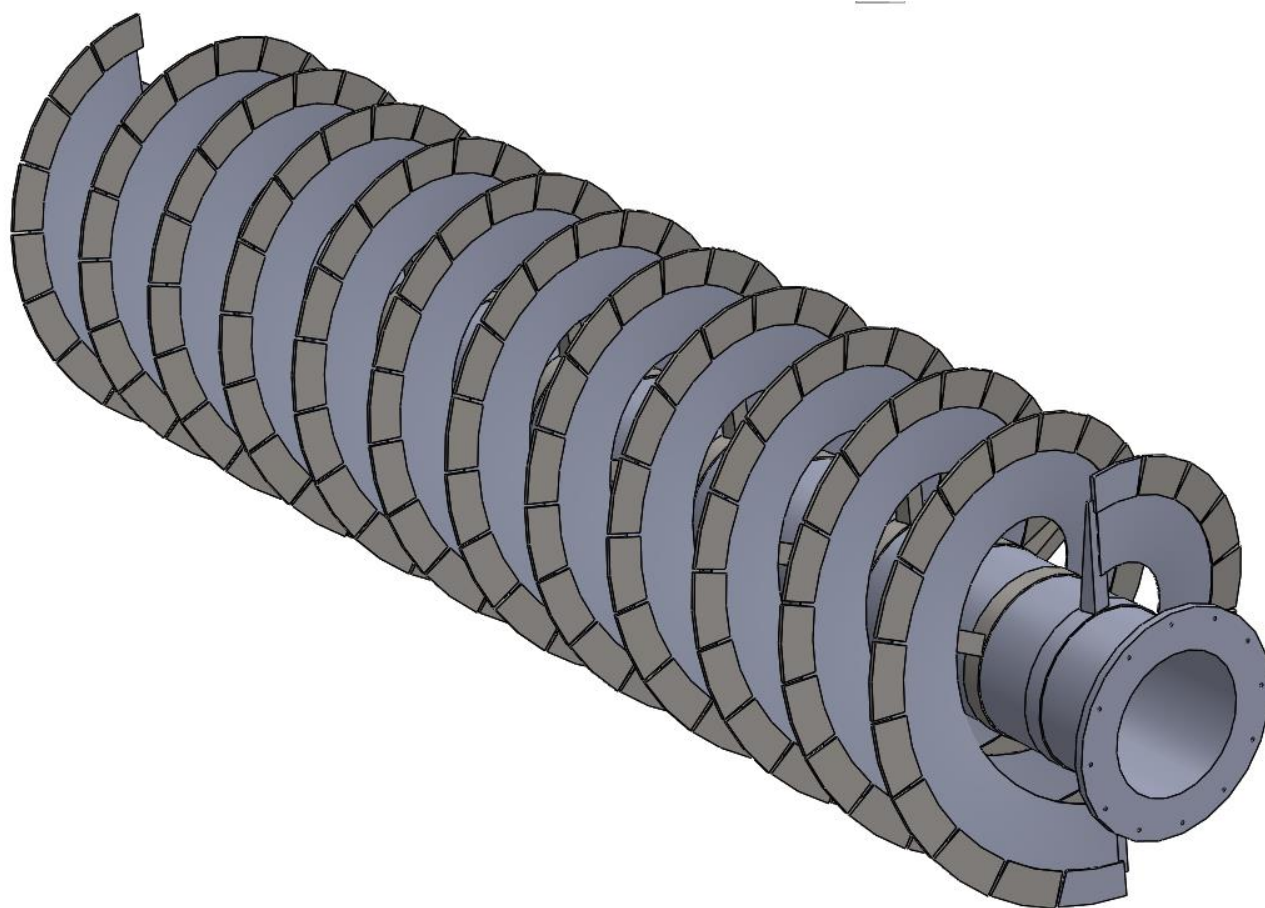
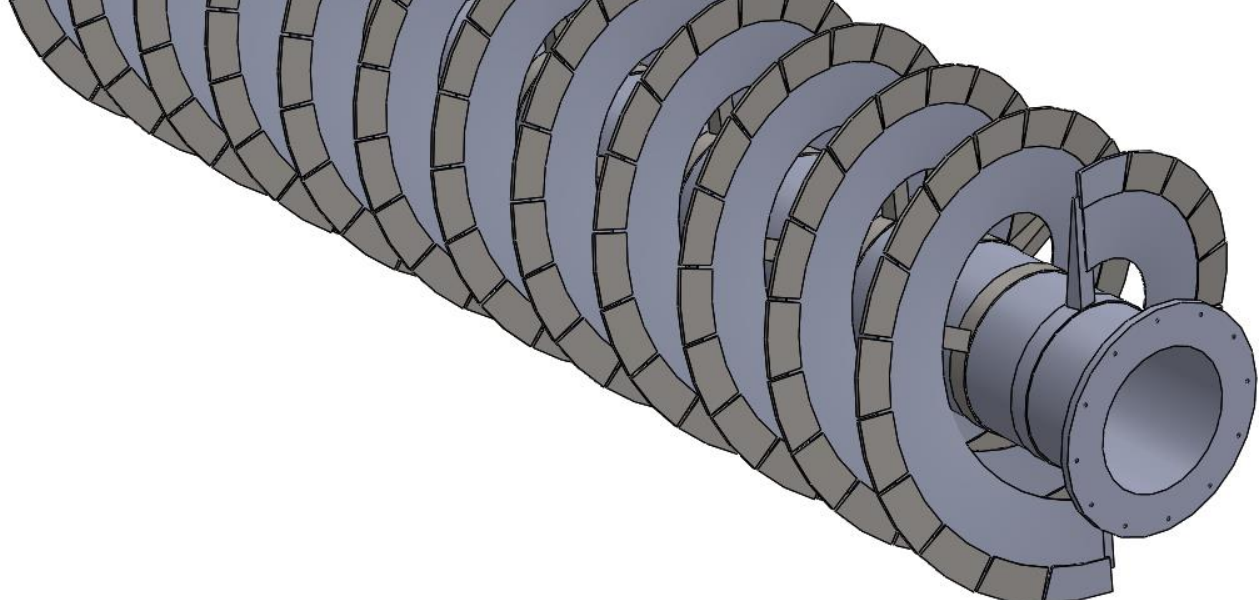


Рис 3.10 – Комп'ютерна модель спіралі класифікатора 2КСН-30

На основі проведених раніше досліджень визначимо граничні умови розрахунку на міцність (рис 3.11):

- кінці осі спіралі закріплено Fixed;

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Рис 3.10 – Комп’ютерна модель спіралі класифікатора 2КСН-30									
На основі проведених раніше досліджень визначимо граничні умови розрахунку на міцність (рис 3.11):									
- кінці осі спіралі закріплено Fixed;									
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ				
					Лист				
					49				

- прискорення вільного падіння, що визначає силу тяжіння, оскільки спіраль нахилена під кутом $18,5^\circ$ до горизонту, розкладається на два вектори:

- прискорення вільного падіння, спрямоване перпендикулярно осі спіралі, м/с^2 :

$$g_y = 9.8 \cdot \cos 18,5 = 9.3$$

- прискорення вільного падіння, спрямоване вздовж осі спіралі, м/с^2 :

$$g_x = 9.8 \cdot \sin 18,5 = 3.3$$

- сила, що діє на витки спіралі? для щільності матеріалу 3000 кг/м^3 та коефіцієнту тертя $f = 0.3$, становить 28040 Н .

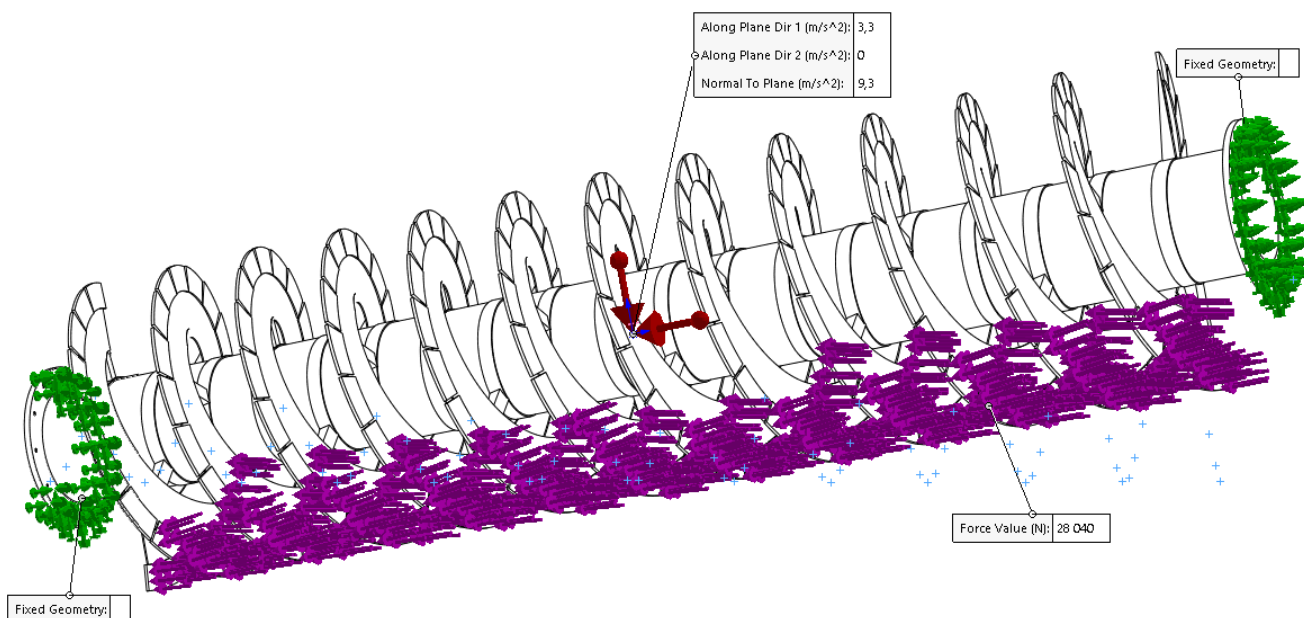


Рис 3.11 – Граничні умови розрахунку спіралі

Результати розрахунку спіралі класифікатора 2КСН-30 на міцність наведені на рис 3.12-3.15.

Напруження у матеріалі спіралі, як видно з рисунку (рис 3.12) , наближається до критичного. Місце з максимальним напруженням (рис 3.13) – кут гвинтової лінії спіралі між блоками футерування. Подальший аналіз результатів встановив наявність сингулярності, викликані низькою якістю моделі. Було прийнято рішення ігнорувати це місце з максмальним значенням.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Результати розрахунку спіралі класифікатора 2КСН-30 на міцність наведені на рис 3.12-3.15.	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ	Лист	50			

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

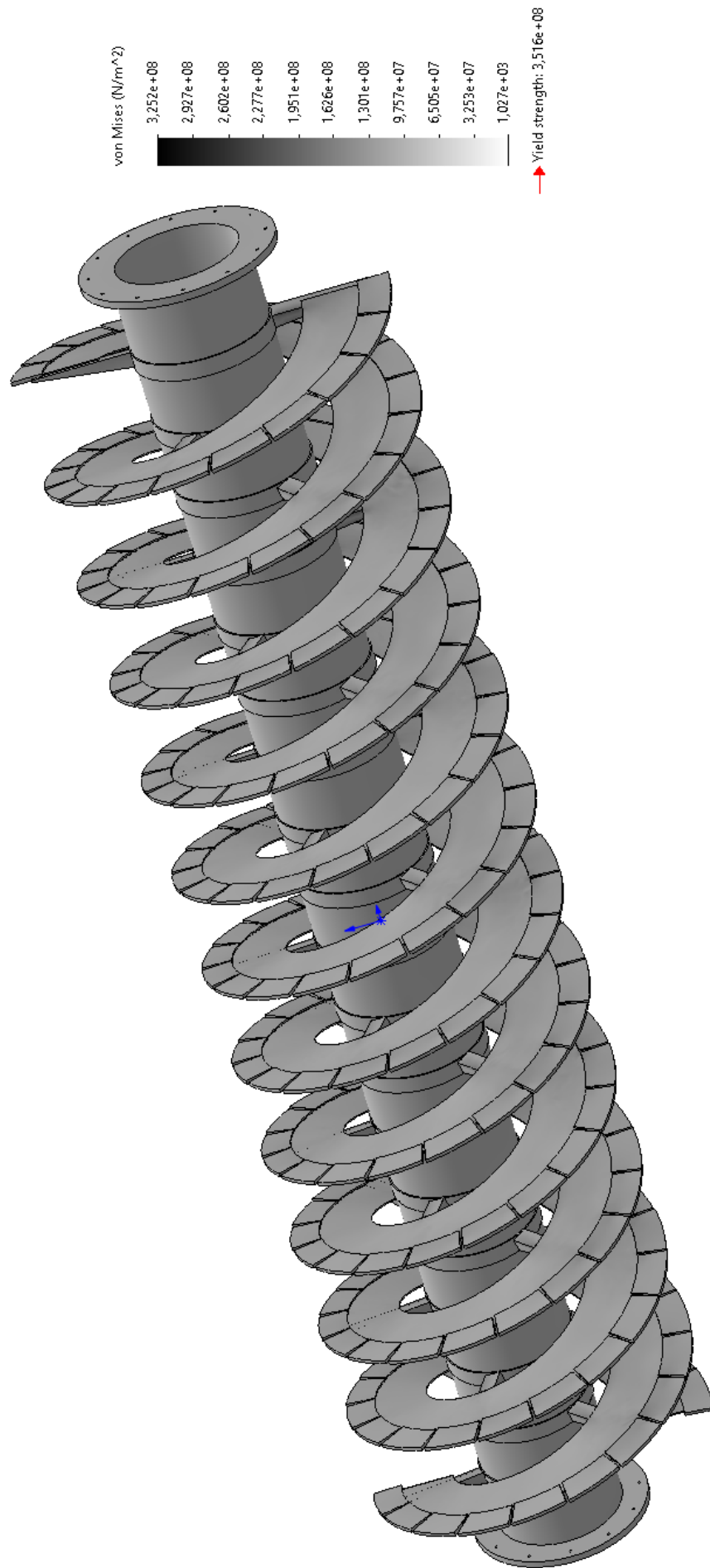


Рис 3.12 – Напруження у матеріалі спіралі

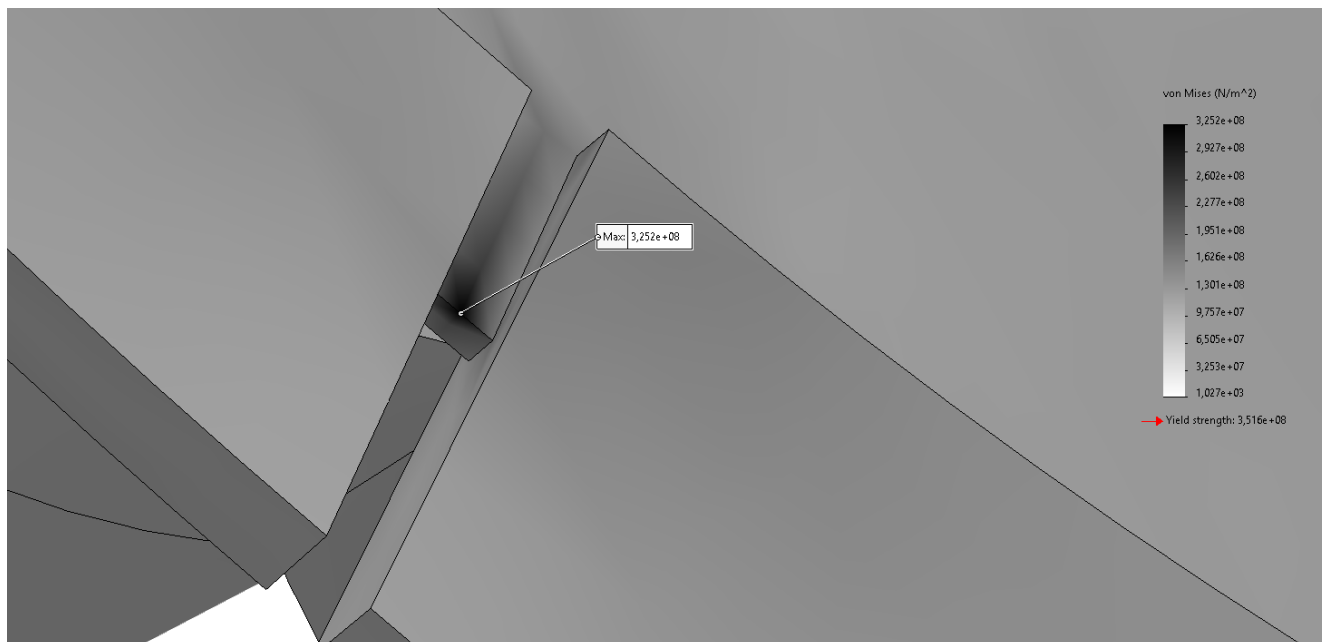


Рис 3.13. – Місце з максимальним напруженням.

Подальший аналіз результатів дозволив встановити, що найнавантаженішою деталлю у спіралі є стійки кріплення секторів спіралі (рис 3.14). Максимальне напруження на стійках становить навантаження 37МПа, що 9 разів менше за критичне.

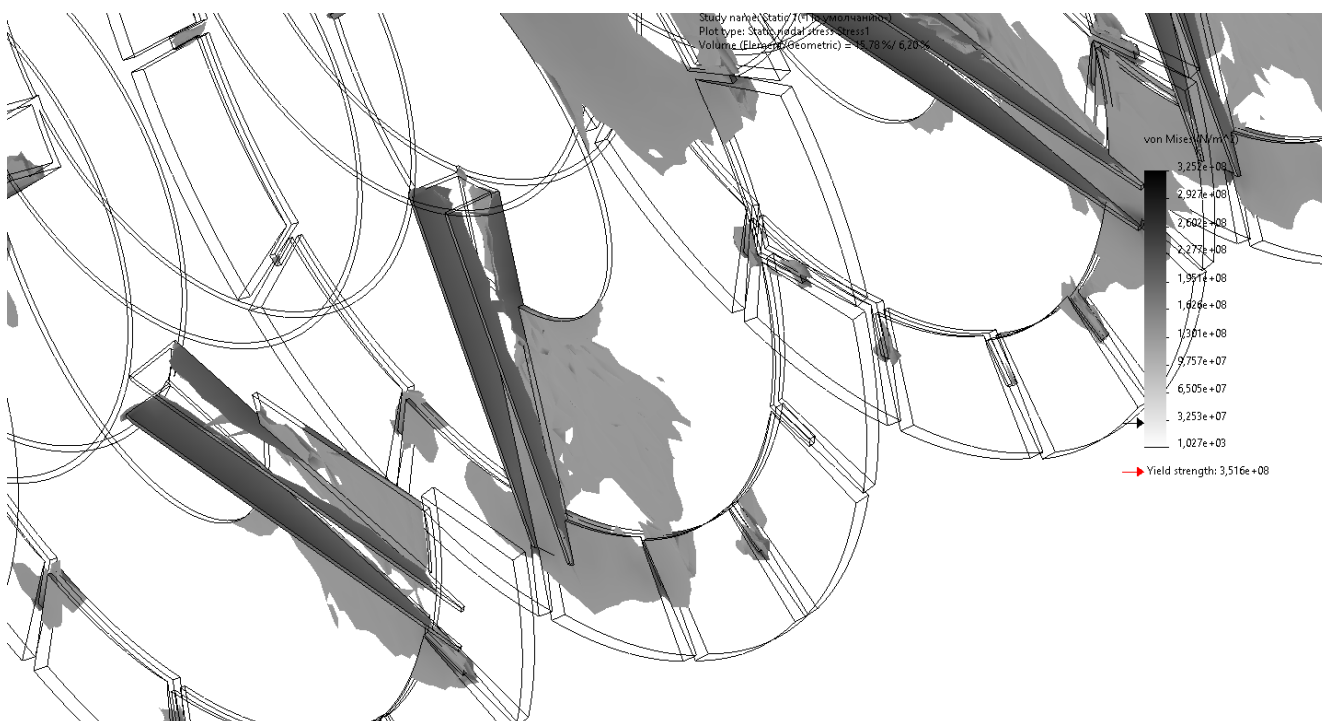


Рис 3.14 – Напруження на стійках кріплення секторів спіралі

Инов. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

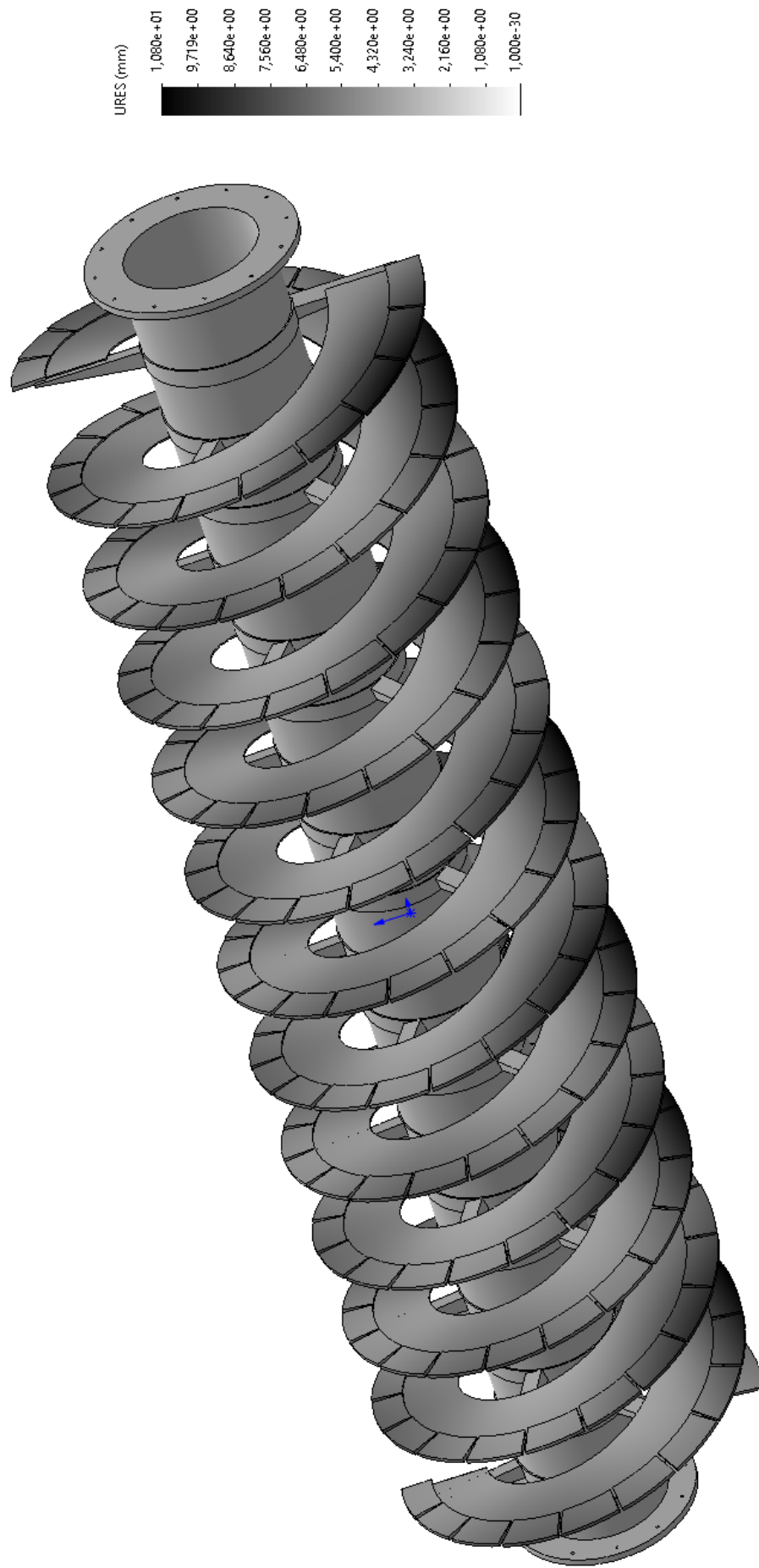


Рис 3.15 – Деформація спіралі

Напруження на інших ділянках спіралі значно менші, отже і запас міцності там ще більший. Таким чином, можна стверджувати, що конструкція спіралі достатньо міцна.

На рис 3.15 наведено деформацію елементів спіралі. Максимальна деформація становить 10 мм,

Инв. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли Изм. № докум. Подп. Дат КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ Лист 54								

Висновки до частини I

1. Проведено аналіз конструкції спірального класифікатора 2КСН-30 з незануреною спіраллю, який призначено для поділу рудних, нерудних та сипких матеріалів у водному середовищі на дві фракції різної крупності;
2. Проведено аналіз продуктивності спірального класифікатора. Встановлено, продуктивність спірального класифікатора 2КСН-30 по зливу прямо квадратично залежить від фактичного вмісту твердого у зливі класифікатора та вмісту класу $-0,074$ мм у зливі класифікатора. Причому за нормальних умов роботи класифікатора при фактичному вмісті твердого у зливі класифікатора $T_{\text{зл}} = 36\%$ та вмісту класу $-0,074$ мм у зливі класифікатора $T_{0,074} = 55\%$, продуктивність по зливу складе $98,5$ т/год, що дещо менше за паспортну;
3. Проведено аналіз потрібної потужності на валу спіралі. Встановлено, що потрібна потужність на спіралі класифікатора прямо лінійно залежить від частоти обертання спіралей та прямо логарифмічно залежить від крупності матеріалу у пісках. Враховуючі, що крупність матеріалу пісків після млина зазвичай становить від $0,4$ до $0,074$ мм з досвіду експлуатації, то потрібна потужність на спіралі має бути у межах від $18,3$ кВт до $36,7$ кВт.
4. Проведено аналіз навантаження на витки спіралі класифікатора від транспортованих пісків. Встановлено, що навантаження на витки спіралі класифікатора, прямо лінійно залежить від щільності пісків та їх коефіцієнту тертя об футерівку. Так, зусилля на спіралі залежно від коефіцієнту тертя від $0,2$ до $0,4$ змінюється від 22 кН до 34 кН для твердого щільністю 3000 г/м³, що відповідає подрібненій залізній руді з порожніми породами.
5. Проведено аналіз міцності спіралі класифікатора на основу комп'ютерного моделювання. Встановлено, що найнавантаженішою деталлю у спіралі є стійки кріплення секторів спіралі. Максимальне напруження на стійках становить вантаження 37 МПа, що 9 разів менше за критичне. Напруження

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ине. № подл.
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ		Лист
							55

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

					<i>КНУ.РБ.133.25.83с.01 ПЗ</i>	Лист
						56
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

Инв. № подл	Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата	

					КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ							
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	Удосконалення конструкції футерівки класифікатора спірального 2КСН-30				Лит		Лист	Листов
Разраб.	Іванов										57	157
Пров.	Чумак								ГМО ГМБ-21			
Т. контр.	Чумак											
Н. контр.												
Утв.	Хруцький											

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 41 с., 19 рис., 13 табл., 27 літературних джерел.

Метою роботи є удосконалення конструкції футерівки спіралей класифікатора спірального 2КСН-30. Об'єкт роботи – процес взаємодії з пульпою підчас розділення тонкодисперсного залізовмісного концентрату за крупністю і зношення деталей класифікатора спірального 2КСН-30. Предмет роботи – параметри конструкції класифікатора спірального 2КСН-30, зокрема його робочого органу - спіралі.

Встановлено, що основним недоліком базової конструкції спіралі класифікатора є недосконалість її футерування. Визначено характер стирання спіралі класифікатора під дією гідроабразивного зношування. Встановлено, що течія пульпи більша по периметру витка спіралі і більша зпереду поверхні витка. Інтенсивність стирання розповсюджується не тільки на область футерувальних плит, а і вище безпосередньо до самих секторів спіралі. Отже, потрібно захищати не тільки периметр спіралі, де в основному зосереджено футерування, а загалом усю поверхню спіралі.

Для футерування спіралі планується використовувати поліуретан та полісечовину. Встановлено, що стираність поліуретану у 3-6 разів нижча за гуму, а полісечовини у 7-15 разів нижча за гуму. Проте вартість поліуретану 1,5-3 рази вища за гуму, а полісечовини – у 4-5 разів вища за гуму. Полісечовина має найменшу стираність. При застосуванні комбінованого футерування з покриттям полісечовиною, вартість капітальних ремонтів для комбінації гума + полісечовина у 1,9 рази дешевша ніж при футерування тільки гумою і для комбінації поліуретан + полісечовина у 1,2 рази дешевша ніж при футерування тільки поліуретаном. Використання полісечовини, попри дороговизни обладнання і покриття, може зменшити вартість експлуатації спірального класифікатора у 1,2-1,9 разів.

Ключові слова: СПІРАЛЬНИЙ КЛАСИФІКАТОР, СПІРАЛЬ КЛАСИФІКАТОРА, ФУТЕРУВАННЯ, ПОЛІСНЧОВИНА, УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ.

4 РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ФУТЕРІВКИ СПІРАЛІ КЛАСИФІКАТОРУ 2КСН-30

4.1 Аналіз основних недоліків базової конструкції спірального класифікатора 2КСН-30

У результаті проведеного аналізу конструкції спірального класифікатора 2КСН-30 (див. частину І) та досвіду експлуатації, можна зробити наступні висновки:

1. Конструкція робочого органу (спіралі) достатньо міцні і не потребує більшого зміцнення;
2. Через те, що спіраль працює у дуже агресивному середовищі (пульпа з вмістом дрібних абразивних часточок та розчинів солей) вона піддається інтенсивному зношенню – корозійному та гідроабразивному;
3. Для захисту робочої кромки спіралі використовують футерувальні плити, які виготовляються з трьох видів матеріалів – гуми, чавуну та марганцевистої сталі. Сталь та чівун мають високу власну вагу та сприяють збільшенню питомої потужності для обертання спіралі.

Таким чином, основним недоліком базової конструкції спіралі класифікатора є недосконалість її футерування.

4.2. Аналіз відомих конструкцій футерування

Винахід [1] відноситься до захисних покриттів технологічного обладнання, зокрема до покриття спіралей в механічних класифікаторах для класифікації продуктів подрібнення, і може бути використане в гірничорудній, хімічній, будівельній та інших галузях промисловості.

Мета винаходу - підвищення зносостійкості спіралі.

Поставлена мета досягається тим, що в пластинах футерування виконані вікна, при цьому бічні сторони пластин утворюють зазори.

Ив. № подп.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист 59
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ					

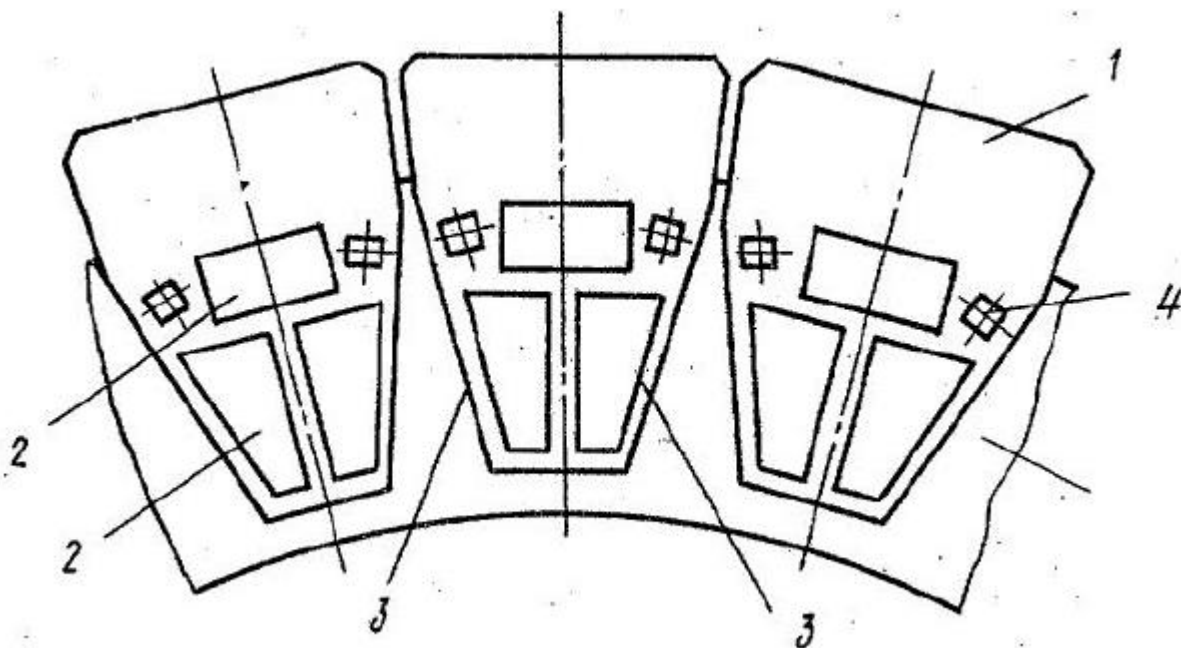


Рис 4.1 – До патенту [1]

Футерування включає пластину 1. Робоча поверхня пластини 1 частини, обмеженою контуром спіралі, виконана з вікнами 2, причому різної конфігурації, залежно від можливості розміщення в цій частині пластини. Бічні сторони пластин 1 у цій частині скошені порівняно з протилежною частиною пластини. Між поруч лежать на спіралі пластинами згадані скоси 3 утворюють зазор. У пластині 1 виконані отвори для 4 кріплення пластини до спіралі.

При роботі класифікатора у вікнах 2 і утворених між пластинами 1 зазорам накопичується матеріал, що транспортується, забезпечуючи самофутерування.

На відміну від відомого футерування виконані в пропонованій футеровці вікна зменшують її масу. Останнє дозволяє встановити футерування на всю висоту лопаті спіралі, запобігаючи зносу всієї поверхні спіралі, і при цьому не перевищити допустиме навантаження на вал спіралі. Крім того, матеріал, переповнюючи простори, обмежені вікнами і кутовими зазорами, перешкоджає ковзанню матеріалу, що транспортується на поверхні пластини, знижуючи тим самим зношення.

Ине. № подп.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Ине. № дубл.
Ине. № подп.	Подп. и дата

Винахід [2] відноситься до техніки поділу твердих матеріалів по крупності і може бути використане в збагачувальній, хімічній галузях промисловості, а також в індустрії будівельних матеріалів при фракціонуванні, дешламації та зневоднення рудних і нерудних матеріалів.

Мета винаходу - економія футерувального матеріалу за рахунок повнішого його використання.

Пропонована конструкція футерування дозволяє приблизно в 2 рази скоротити витрату футерувального матеріалу і забезпечує надійний захист передньої робочої поверхні стрічки спіралі від зносу. Комплексне закріплення футерувальних плит дозволяє проводити швидку зміну останніх, що скорочує трудовитрати на монтажні роботи при ремонтах.

Инв. № подл.	Подп. и дата				Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ				Лист
									61

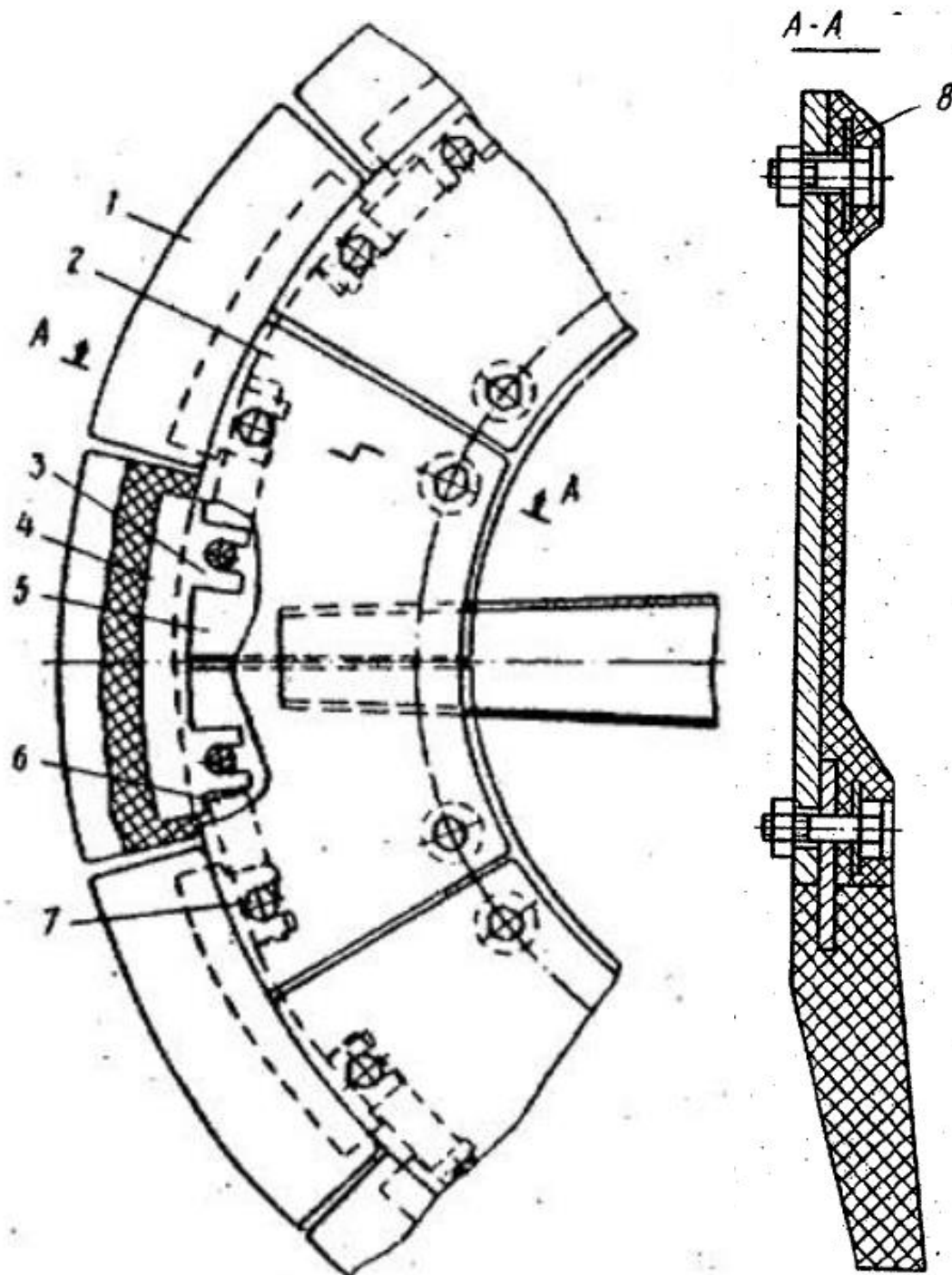


Рис 4.2 – До патенту [2]

Гумова футерування спіралей. Класифікатор складається з набору консольно встановлених до стрічки спіралі секторів 1 і набору прилеглих до стрічки спіралі секторів 2.

Кріплення консольно встановлених до стрічки спіралі секторів здійснюється елементами, що виступають з заставних деталей 4.

Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № подл.
Ли	Изм.	№ докум.
Подп.	Дат	

Кріплення прилеглих до стрічки спіралі секторів зовнішнього діаметра здійснюється закладними планками 6, а по внутрішньому діаметру - заставними шайбами 8. За допомогою болтів 7 здійснюється комплексне притискання виступаючих елементів 3 і закладних планок 6.

Кріплення секторів здійснюється в такий спосіб.

На спіраль 5 накладається сектор, що прилітає 2 і одночасно консольно встановлюється сектор 1 таким чином, щоб отвори в закладних планках 6 і пази в виступаючих елементах 3 заставних деталей 4 поєдналися з отворами в стрічці спіралі класифікатора. У поєднаний отвір вставляється болт 7 та здійснюється кріплення. Аналогічно (за допомогою болтів та накладних шайб 8) кріпляться прилеглі сектори 2 по внутрішньому діаметру.

При роботі класифікатора абразивний матеріал, що транспортується, контактує з робочою поверхнею спіралі повністю захищеної гумовими футерувальними елементами, У процесі зносу висота консольно встановлених секторів зменшується. Заміна цих секторів провадиться | після повного їх зносу, а прилеглі до стрічки спіралі сектора використовуються багаторазово, так як схильні до значно меншого зносу.

При заміні консольно встановлених секторів достатньо послабити болти 7, за допомогою яких здійснюється комплексне закріплення футерувальних плит, і вийняти сектор.

Винахід [4] відноситься до техніки поділу твердих матеріалів по крупності та щільності і може бути використане на гірничозбагачувальних фабриках, підприємствах будівельних матеріалів, хімічної промисловості та металургії.

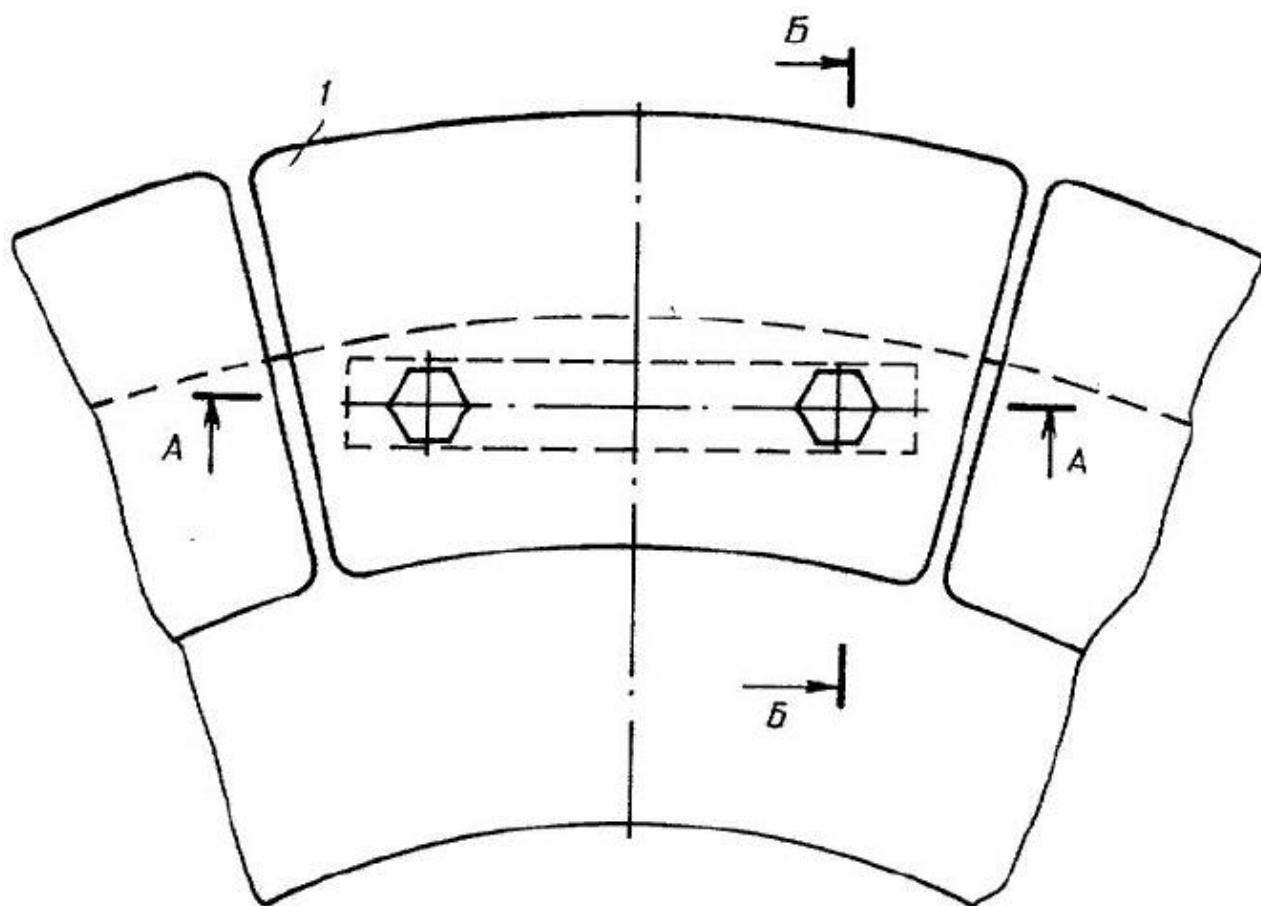
Мета винаходу - підвищення міцності футерування за рахунок виключення концентрації напруг між вулканізуючими деталями і спрощення технології виготовлення футерування.

Виконання кріпильної смуги з напів-ебоніту дозволяє спростити технологію виготовлення футеровки і використовувати гумові тканини, що безповоротно втрачаються, відходи серійних деталей (ременів, конвеєрних стрічок, рукавів і т. д.).

Ив. № подп.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	63	

Так як напівбоніт є одним з різновидів гум (його інакше називають твердою гумою), то пропонується сектор футеровки є єдиним монолітним гумовим блоком, що дозволяє знизити вартість сектора, позбутися концентрації напруг, підвищити якість кінцевих продуктів збагачення і знизити транспортні витрати.

Остання обставина обумовлена тим, що закладні деталі на основі напівбоніту виготовлятимуть безпосередньо на заводах ГТВ. Виконання виступів у зоні кріпильних отворів на поверхні кріпильної смуги, зверненої у бік стрічки спіралі, опорна площина яких збігається з опорною площиною гумових футерувальних плит, дозволяє здійснити надійне кріплення секторів до стрічки спіралі класифікатора і позбутися згинальних деформацій.



Инв. № подл.	Подп. и дата			
Инв. № докум.	Взам. инв. №			
Подп. и дата	Инв. № дубл.			
Инв. № докум.	Лист			
	64			

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ

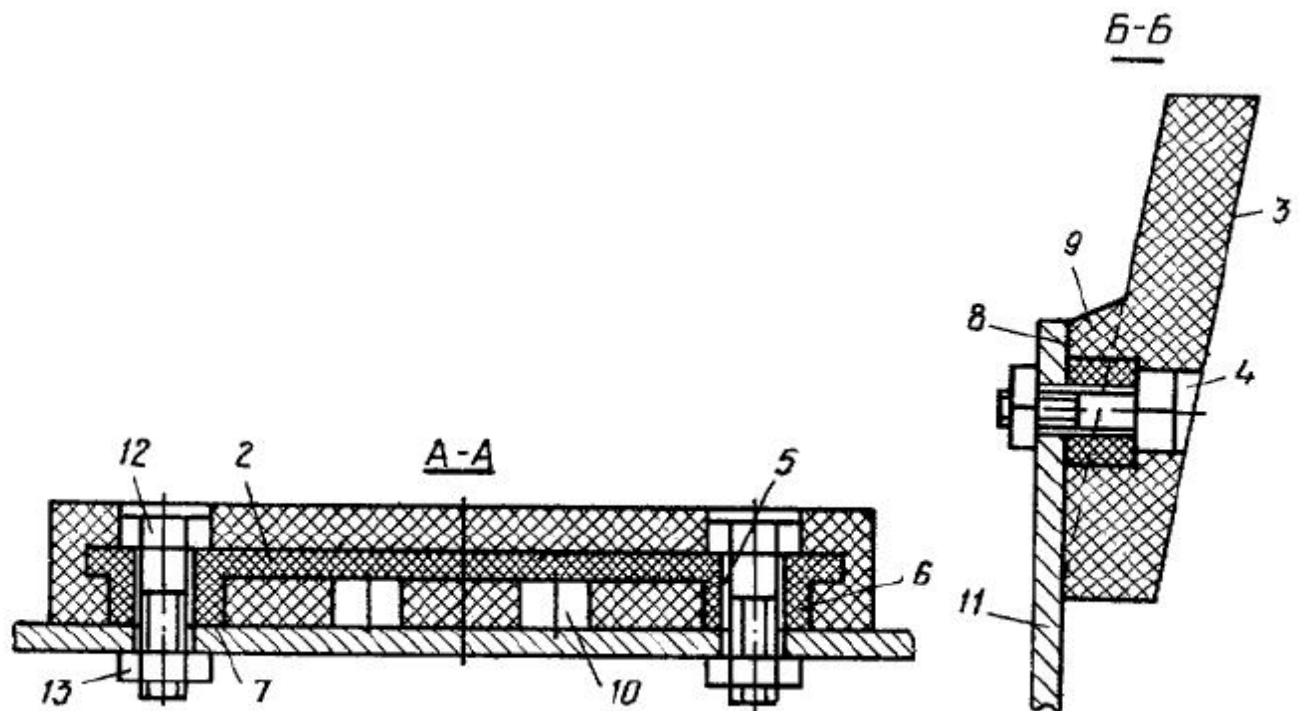


Рис 4.3 – До патенту [4]

Футерування класифікатора складається з гумової футерівочної плити 1, виготовленої зі стійкою до зношування в абразивній масі гуми, всередині якої розміщена кріпильна смуга 2, виконана з напівбоніту, приготовленого на основне гумовотканинних відходів, виробів серійного виробництва. На передній робочій поверхні 3 гумової футерувальної плити 1 виконані шестигранні поглиблення 4 з виступаючими в них опорними поверхнями частини кріпильної смуги 2, зверненої в бік стрічки спіралі класифікації збігається з опорною площиною 8 гумової футерувальної плити 1. Зі сторін клиноподібного потовщення 9 в гумовій футерувальній плиті 1 виконані поглиблення. До обумовлені технологією виготовлення секторів.

Кріплення гумових футеровочних плит 1 до стрічки 11 спіралі класифікатора здійснюється наступним чином.

У кріпильні отвори 5 вставляють болти 12, головки яких втоплюють у шестигранні заглиблення 4, що забезпечує захист головок від зношування та підвищує надійність кріплення футеровки в цілому.

Різьбові кінці болтів вставляють у кріпильні отвори, виконані на стрічці 11 спіралі класифікатора, та загвинчують гайки 13. При загвинчуванні гайок 13

Підп. і дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Підп. і дата		Инв. № подл.		Лист
										65
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ					

зусилля затяжки від головок болтів 12 через виступи 6 та їхню опорну площину 7 передається безпосередньо на стрічку 11 спіралі класифікатора, завдяки чому ці ділянки кріпильної смуги працюють тільки на стиск, що є найбільш сприятливим для працездатності напівебоніту як конструкційного матеріалу та виключає виникнення вигинних деформацій у кріпильній смугі.

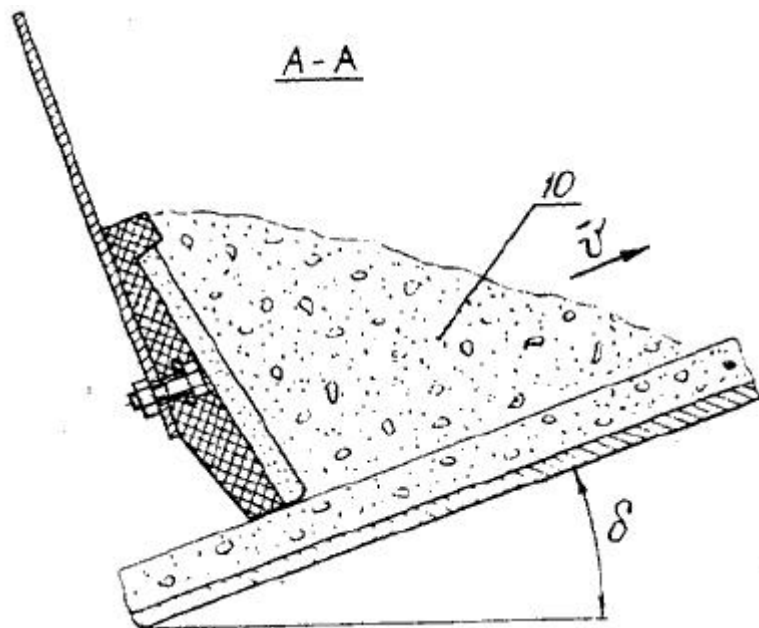
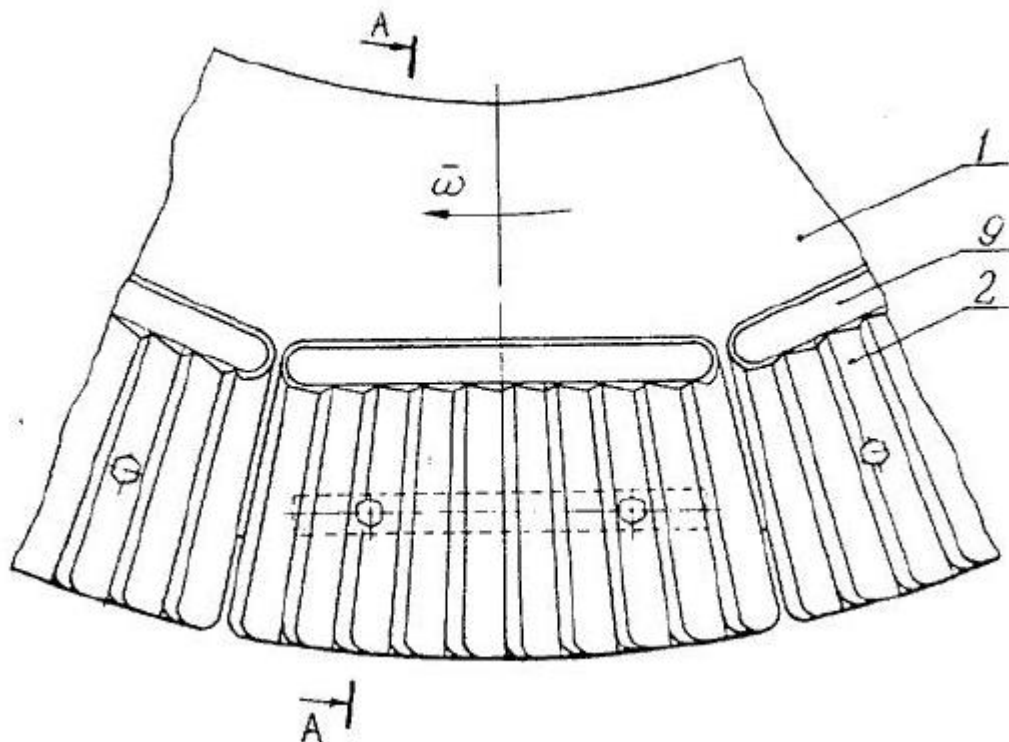
Завдяки піддатливості матеріалу кріпильної смуги при затяжці болтів 12 відбувається стиснення виступів 6 та рівномірне притискання гумової футеровочної плити 1 до стрічки спіралі класифікатора по всій опорній площині 8 гумової футеровочної плити 1, у результаті чого між ними створюється сила тертя, що перешкоджає зсуву деталей у стику.

Застосування запропонованої конструкції футеровки спіралей класифікатора дозволяє повністю замінити метал напівебонітами як закладними кріпильними смугами, реалізувати гумотканинні відходи виробництва для виготовлення кріпильних напівебонітових деталей футеровки, зменшити потрапляння заліза при збагаченні руд кольорових металів за рахунок зношування металевих закладних деталей, а також виключити транспортні витрати на доставку металевих закладних деталей.

Винахід [5] відноситься до техніки, призначеної для поділу твердих матеріалів по крупності та щільності у водному середовищі, і може бути використане на гірничо-збагачувальних фабриках, підприємствах будівельних матеріалів, хімічної промисловості та металургії.

Метою винаходу є підвищення довговічності гумового футерування.

Ине. № подп.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ	Лист 66
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.
Дат			

КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ

Лист

67

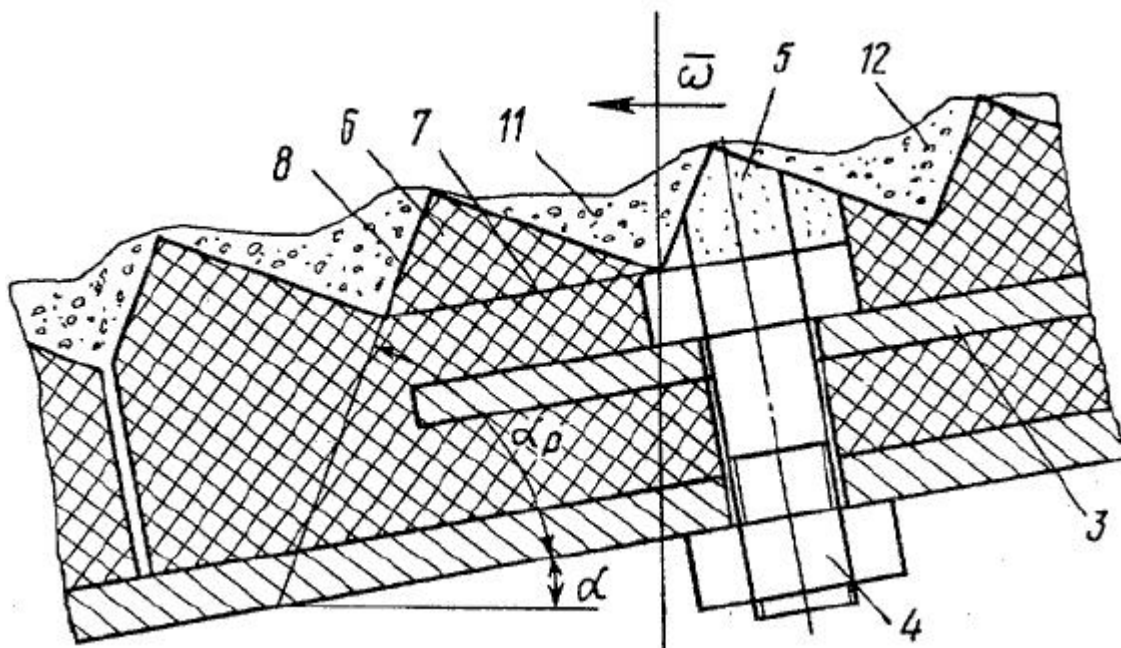


Рис 4.4 – До патенту [5]

Гумове футерування спіралей класифікатора складається з набору прикріплених до стрічки спіралі 1 пластин 2, виконаних з контуром у вигляді кільцевих секторів. Сектори кріпляться до стрічки спіралі за допомогою закладних деталей 3, виконаних у вигляді металевої смуги з отворами і болтів 4. Головки болтів для захисту від зносу втоплені шестигранні поглиблення 5, виконані на поверхні футеровки. На передній робочій поверхні сектора футеровки по всій його висоті виконані радіально розташовані ребра 6, що мають в поперечному перерізі форму прямокутного трикутника, гіпотенуза якого 7 паралельна площині стрічки спіралі, а менший катет 8 розташований до площини стрічки спіралі під кутом

$$90^\circ - (\alpha + \delta) \leq \alpha_p < 90^\circ - \alpha \quad (4.1)$$

де α — кут підйому гвинтової лінії спіралі класифікатора; δ — кут нахилу спіралі класифікатора до горизонту.

Ребра 6 мають у верхній частині заокруглення, зумовлені технологією виготовлення прес-форм, за допомогою яких виготовляються гумові сектори. Поздовжній виступ 9, виконаний вздовж внутрішнього контуру пластин 2 з поперечним перерізом у вигляді трапеції, призначений для захисту стрічки спіралі

Попл. и дата					
Взам. инв. №					
Инв. № дубл.					
Попл. и дата					
Инв. № подл.					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	
КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ					Лист
					68

рухалися разом з нею, тобто частинкам граничного шару необхідно надати обертальний рух (діапазон II). Такому руху відповідає певний критичний кут нахилу β_k спіралі до вертикалі, при якому кут $\gamma = \pi/2$, де γ - кут, що визначає положення частки абразивного матеріалу на узагальненій координаті. Однак у спіральних класифікаторах кут нахилу спіралі до горизонту, а отже, і до вертикалі є паспортною характеристикою та регулювання не підлягає. Як показав аналіз, досягти значення $\gamma = \pi/2$ можна, змінюючи кут підйому гвинтової лінії. Справді, за значення $\gamma = \pi/2$ рівняння дає рішення

$$\operatorname{ctg}^2(\alpha_k + \varphi_2) - \operatorname{ctg}^2 \beta = 0 \quad (4.2)$$

звідки

$$\alpha_k = \beta - \varphi_2 \quad (4.3)$$

де α_k – критичний кут підйому гвинтової лінії, при якому має місце обертальний рух частинок граничного шару абразивного матеріалу (діапазон II); β - кут нахилу спіралі класифікатора до вертикалі; φ_2 — кут тертя абразивного матеріалу поверхню футеровки.

Замінюючи в цьому рівнянні кут β на вираз $(90^\circ - \delta)$, де δ - кут нахилу спіралі до горизонту, і враховуючи, що в спіральних класифікаторах переміщається суміш води і піску (пульпу), у зв'язку з чим кут тертя абразивного, матеріалу об поверхню футерівки може бути близьким до нуля ($\varphi_2 = 0$), отримаємо

$$\alpha_k = 90^\circ - \delta \quad (4.4)$$

Згідно зі схемою взаємодії поверхні футеровки з абразивним матеріалом, що переміщується, критичний кут α_k можна представити як

$$\alpha_k = \alpha + \alpha_p \quad (4.5)$$

тобто передні грані ребер утворюють набір дискретних спіралей, кут підйому гвинтової лінії яких дорівнює α .

З виразів (4.4) та (4.5) маємо

$$90^\circ - \delta = \alpha + \alpha_p, \quad (4.6)$$

звідки

$$\alpha_p = 90^\circ - (\delta + \alpha). \quad (4.7)$$

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Замінюючи в цьому рівнянні кут β на вираз $(90^{\circ} - \delta)$, де δ - кут нахилу спіралі до горизонту, і враховуючи, що в спіральних класифікаторах переміщається суміш води і піску (пульпу), у зв'язку з чим кут тертя абразивного, матеріалу об поверхню футерівки може бути близьким до нуля ($\varphi_2 = 0$), отримаємо					
					$\alpha_k = 90^{\circ} - \delta \tag{4.4}$					
					Згідно зі схемою взаємодії поверхні футеровки з абразивним матеріалом, що переміщується, критичний кут α_k можна представити як					
					$\alpha_k = \alpha + \alpha_p \tag{4.5}$					
тобто передні грані ребер утворюють набір дискретних спіралей, кут підйому гвинтової лінії яких дорівнює α .										
З виразів (4.4) та (4.5) маємо										
$90^{\circ} - \delta = \alpha + \alpha_p, \tag{4.6}$										
звідки										
$\alpha_p = 90^{\circ} - (\delta + \alpha). \tag{4.7}$										
					КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ					Лист
										70
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат						

Це мінімальне значення кута нахилу меншого катета 8 до площини стрічки спіралі, при якому абразивний матеріал здійснюватиме обертальний рух разом зі спіраллю, тобто утримуватись на передній грані ребра, захищаючи її від зносу. Однак ефективність захисту зростає, якщо кут α_p має значення

$$\alpha_p \geq 90^\circ - (\alpha + \delta) \quad (4.8)$$

тобто знайдено шуканий вираз.

Таким чином, визначено оптимальний інтервал співвідношень кутів нахилу передньої грані ребра футерування до її основи

$$90^\circ - (\alpha + \delta) \leq \alpha_p < 90^\circ - \alpha \quad (4.9)$$

при якому буде проявлятися ефект самофутерування абразивним матеріалом передньої робочої поверхні футерування, що дозволяє надійно захистити її від зносу і тим самим підвищити довговічність футерування в цілому.

Для найбільш поширених у спіральних класифікаторах значень кутів $\alpha = 10^\circ$ і $\delta = 20^\circ$ цей інтервал становить $60^\circ \leq \alpha_p < 80^\circ$

4.3. Дослідження зношення поверхні спіралі класифікатора

Для визначення характеру стирання спіралі класифікатора під дією гідроабразивного зношування проведемо дослідження на основі комп'ютерного моделювання за допомогою модуля FlowSimulation.

Загалом задача обертання спіралі у кориті є задачею з тілами, що обертаються та відкритою поверхнею. Але нажаль FlowSimulation версії 2020 р не може такого змодельовати у повному обсязі. Отже розробимо еквівалентну розрахункову модель, у якій проаналізуємо вплив рідини з частинками на робочу поверхню одного витка спіралі класифікатора. Розглянути будемо перший виток спіралі, який майже повністю занурений у пульпу і, відповідно, піддається максимальному впливу гідро абразивного зношення.

Комп'ютерна модель розрахункової області наведена на рис 4.5. Вона складається з нижньої частини корита та початкової ділянки спіралі, яка максимально занурена у пульпу.

Инв. № подл	Подп. и дата					Лист
	Взам. инв. №					
	Инв. № дубл.					
	Подп. и дата					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ	71

4.3. Дослідження зношення поверхні спіралі класифікатора

Для визначення характеру стирання спіралі класифікатора під дією гідроабразивного зношування проведемо дослідження на основі комп'ютерного моделювання за допомогою модуля FlowSimulation.

Загалом задача обертання спіралі у кориті є задачею з тілами, що обертаються та відкритою поверхнею. Але нажаль FlowSimulation версії 2020 р не може такого змоделювати у повному обсязі. Отже розробимо еквівалентну розрахункову модель, у якій проаналізуємо вплив рідини з частинками на робочу поверхню одного витка спіралі класифікатора. Розглядити будемо перший виток спіралі, який майже повністю занурений у пільпу і, відповідно, піддається максимальному впливу гідро абразивного зношення.

Комп'ютерна модель розрахункової області наведена на рис 4.5. Вона складається з нижньої частини корита та початкової ділянки спіралі, яка максимально занурена у пульпу.

Граничні умови наведено на рис 4.8.

Область втікання характеризується швидкістю руху рідини, як визначається так:

$$v = \frac{\pi \cdot D_c \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot 3 \cdot 3}{60} = 0.47 \text{ м/с} \quad (4.10)$$

Масова витрата часток матеріалу, що подаються у класифікатор становить

$$S = \frac{(Q_s + Q_n) \cdot 1000}{3600} = \frac{(880 + 150) \cdot 1000}{3600} = 286 \text{ кг/с} \quad (4.11)$$

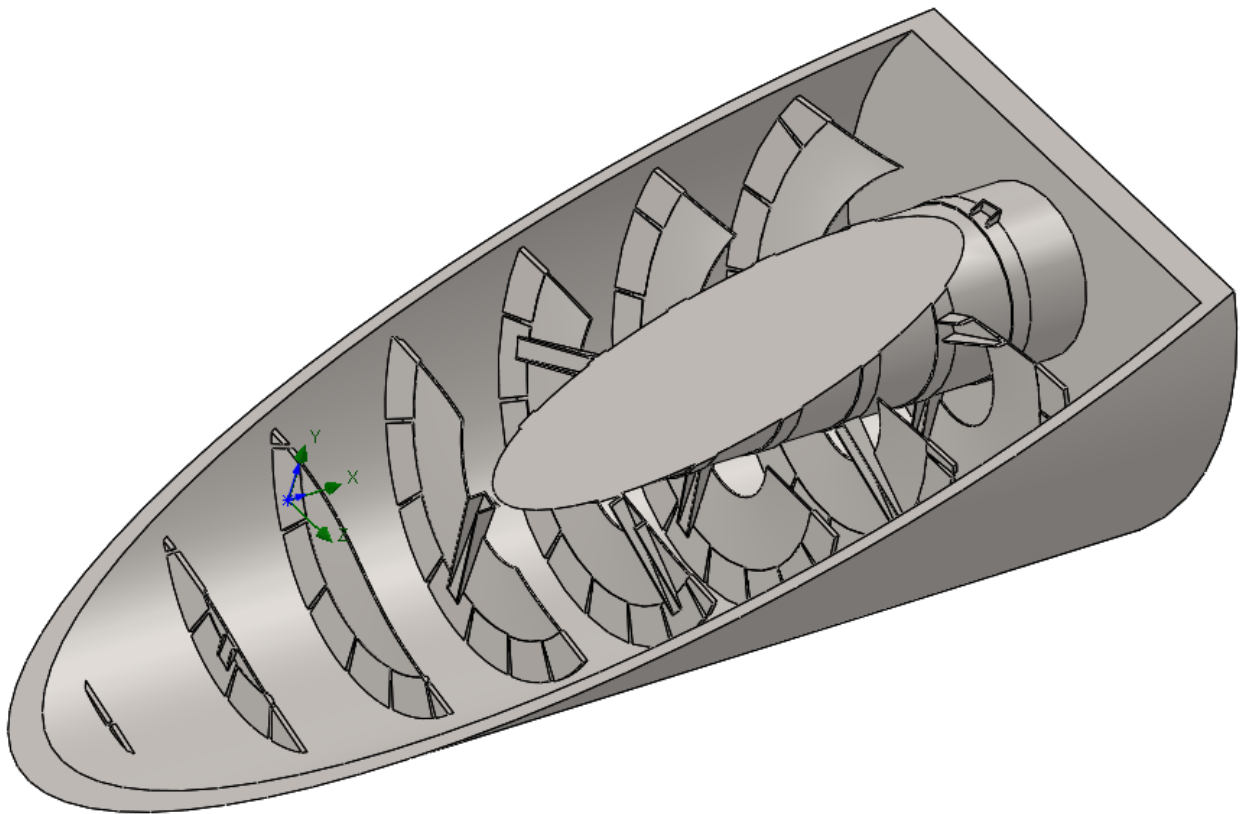


Рис 4.5 – Розрахункова модель частини корита зі спіраллю

Вектор прискорення вільного падіння через нахил корита у $18,5^\circ$ буде мати похиле спрямування, при цьому він буде розкладений на два вектори:

$$g_x = g \cdot \sin 18.5^\circ = 9.8 \cdot \sin 18.5^\circ = 3.3 \quad (4.12)$$

$$g_y = g \cdot \cos 18.5^\circ = 9.8 \cdot \cos 18.5^\circ = 9.3 \quad (4.13)$$

Причому вектор g_y буде спрямований у негативному напрямі осі Y (рис 4.6).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № инв.	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ	

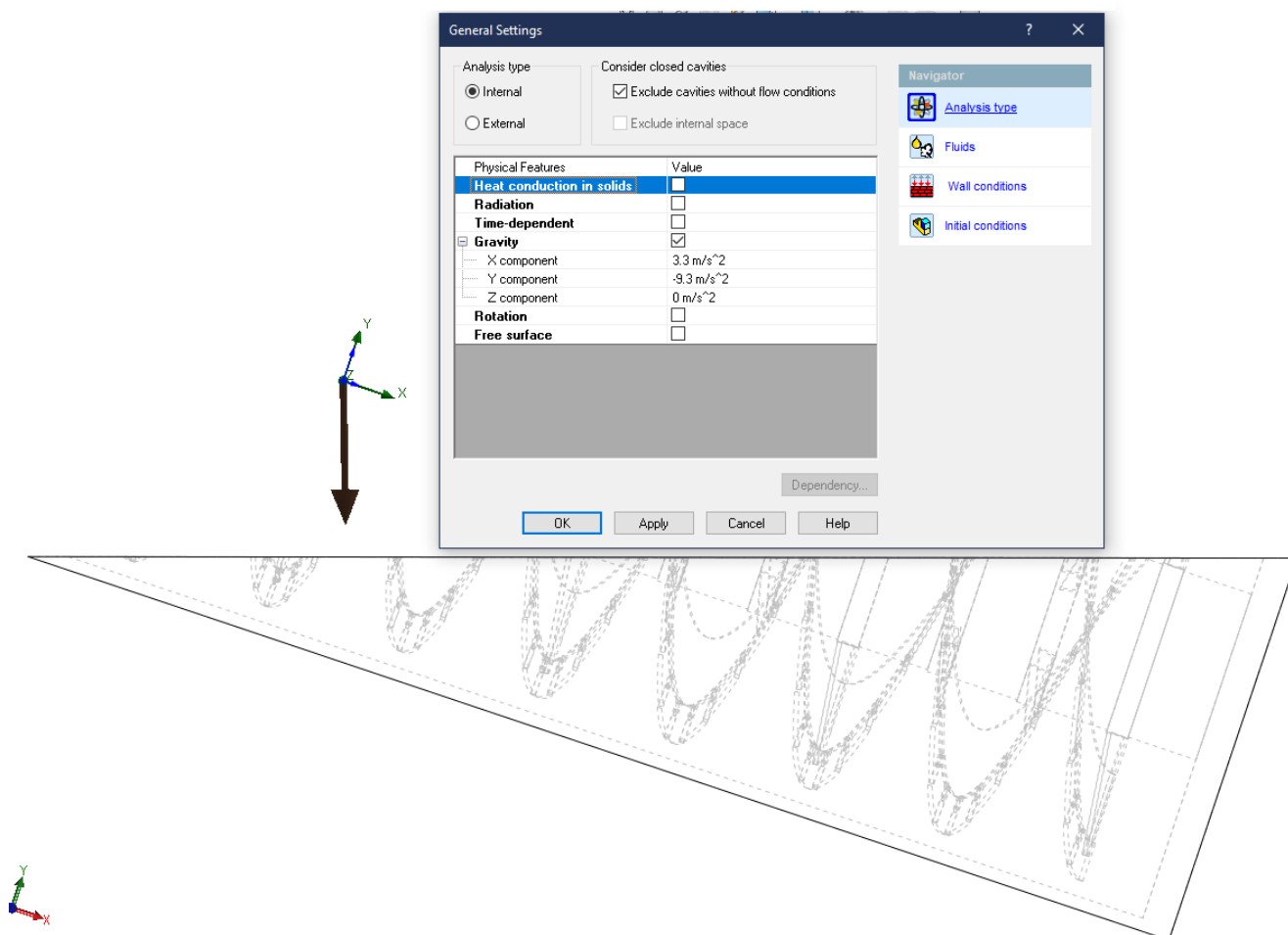


Рис 4.6 – Спрямовування вектору сили тяжіння

Область втікання пульпи та часток у модель (рис 4.7) характеризується швидкістю втікання 0,5 м/с.

Тверді частинки заліза у пульпі мають діаметр 0,1 мм, з масовою витратою 286 кг/с. Додатково увімкнено вивчення ерозії поверхні спіралі.

Область витікання (рис 4.8) характеризується атмосферним тиском.

Результати моделювання наведені на рис 4.9-4.13.

На рис 4.9-4.11 наведені лінії течії пульпи навколо витка спіралі, з яких видно, що течія більша по периметру витка і більша зпереду поверхні витка. Течія біля задньої поверхні витка менш інтенсивна. Також можна помітити, що інтенсивність течії розповсюджується не тільки на область футерувальних плит, а і вище безпосередньо до самих секторів спіралі. Це означає можливе стирання не тільки футерувальних плит, а і металу самих секторів.

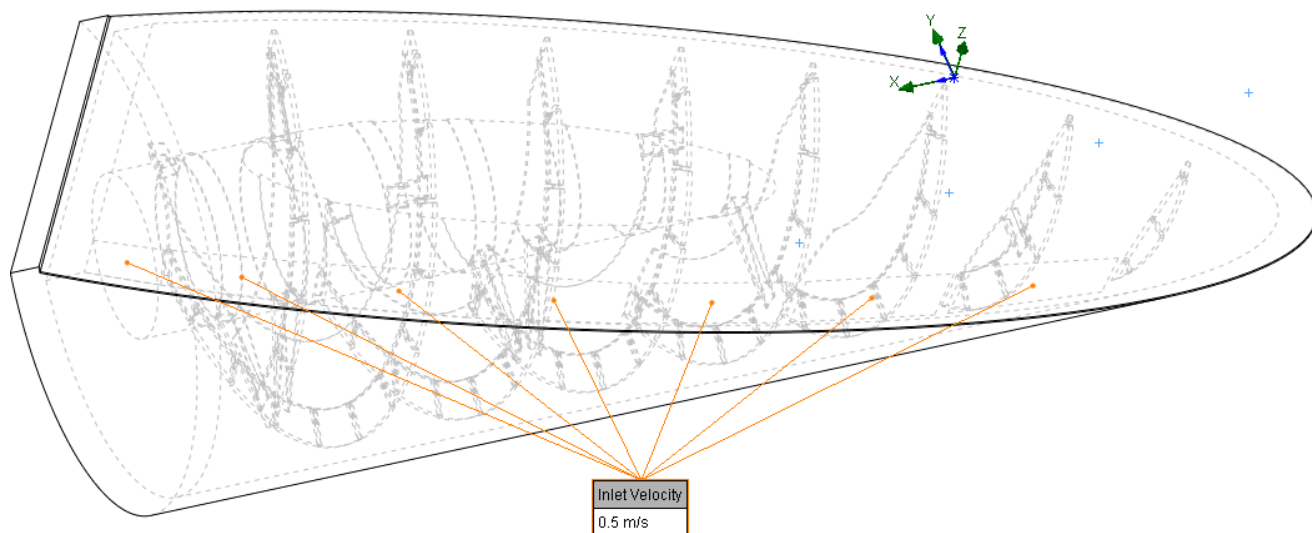
Підп. і дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Підп. і дата

Инв. № подл.



Injection 1

Starting Points

Face<3>
Face<4>
Face<5>
Face<6>
Face<7>

☐ Mesh Based Point Generation

200

0.001 m

Particle Properties

0.0001 m

Solids

Aluminum
Copper
Gold
Indium
Iron
Magnesium

Iron [Pre-Defined\Metals]

Create/Edit...

Mass Flow Rate

$\dot{m}$ 286 kg/s

Initial Particle Velocity

Initial Particle Temperature

Default Wall Condition

Condition

Absorption
☒ Ideal reflection
Reflection

Wall Material Properties

ρ 7850 kg/m³

K 2e-09

C 1 f_{∞}

f 1 f_{∞}

b 2.6 f_{∞}

Рис 4.7 - Область втікання рідини і параметри частинок твердого у пульпі

Попл. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Попл. и дата

Инв. № подл

Ли Изм. № докум. Подп. Дат

КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ

Лист

74

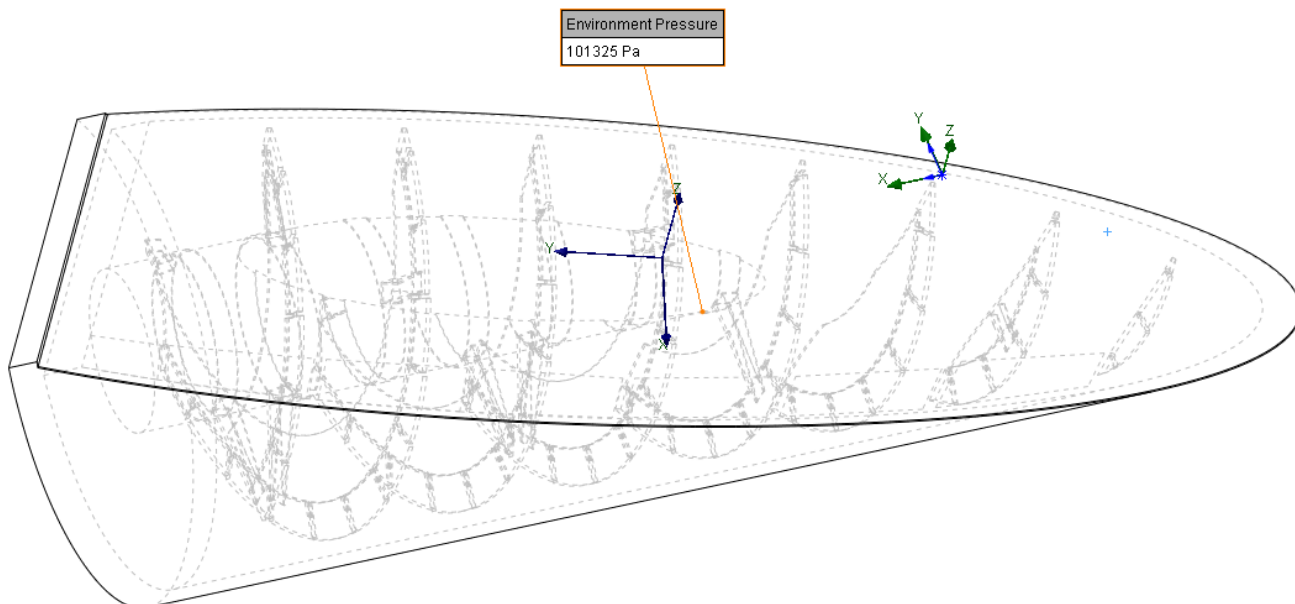


Рис 4.8 - Область витікання рідини

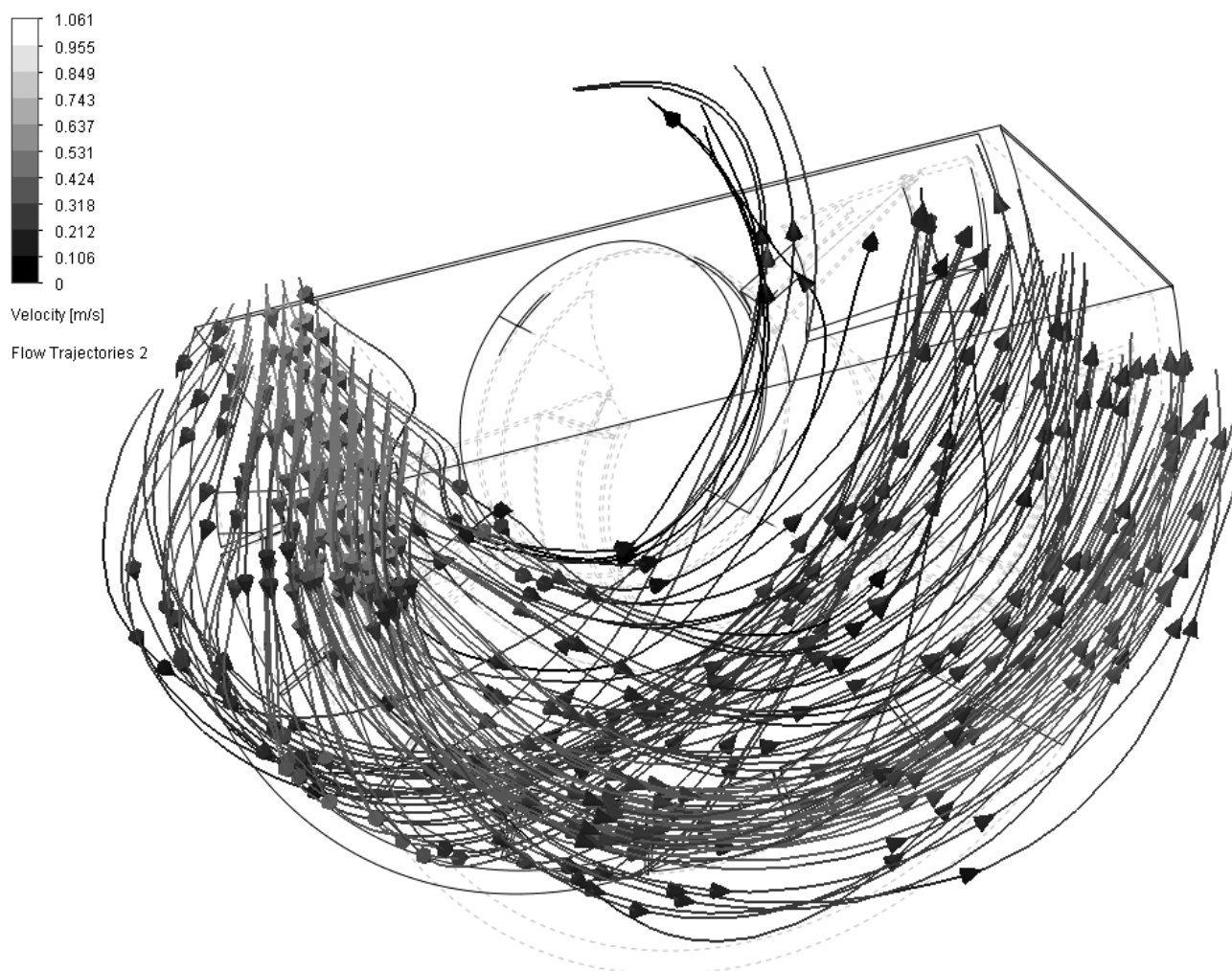


Рис 4.9 – Лінії течії навколо першого витка спіралі

Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

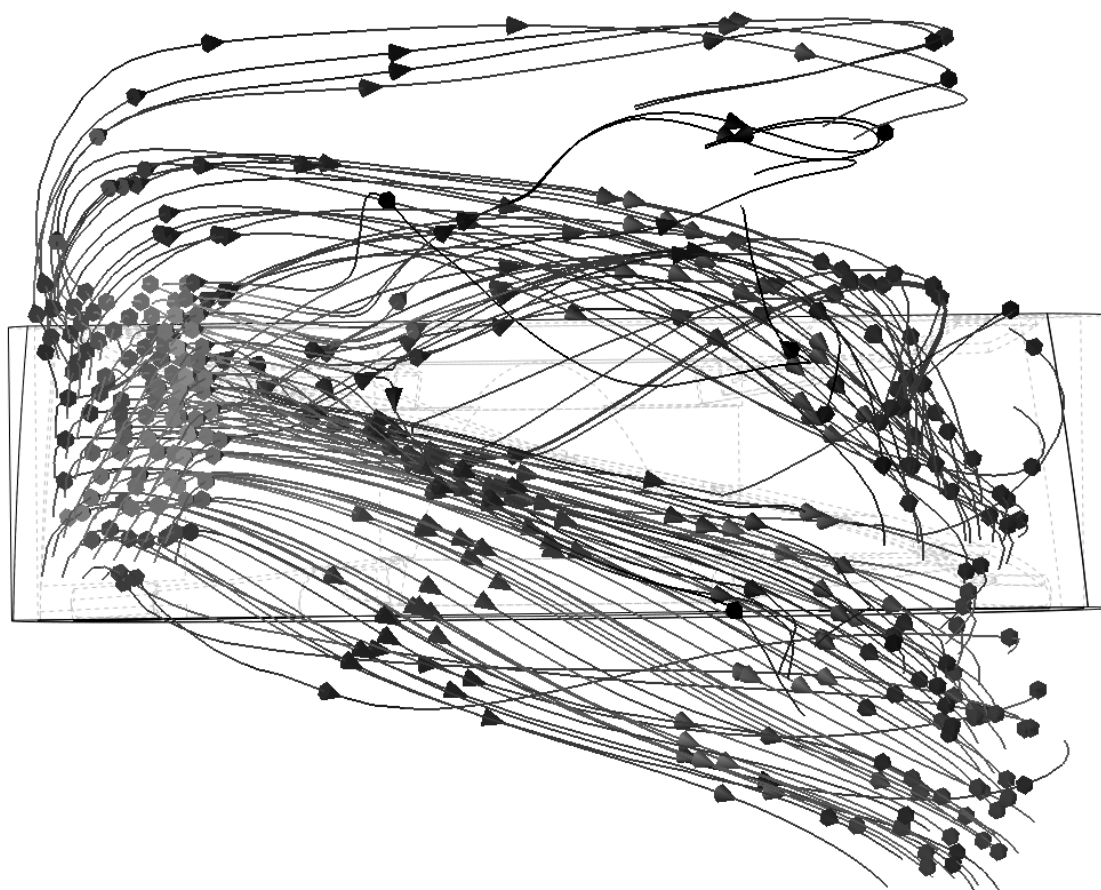
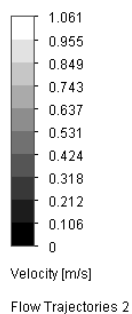


Рис 4.10 – Лінії течії навколо першого витка спіралі

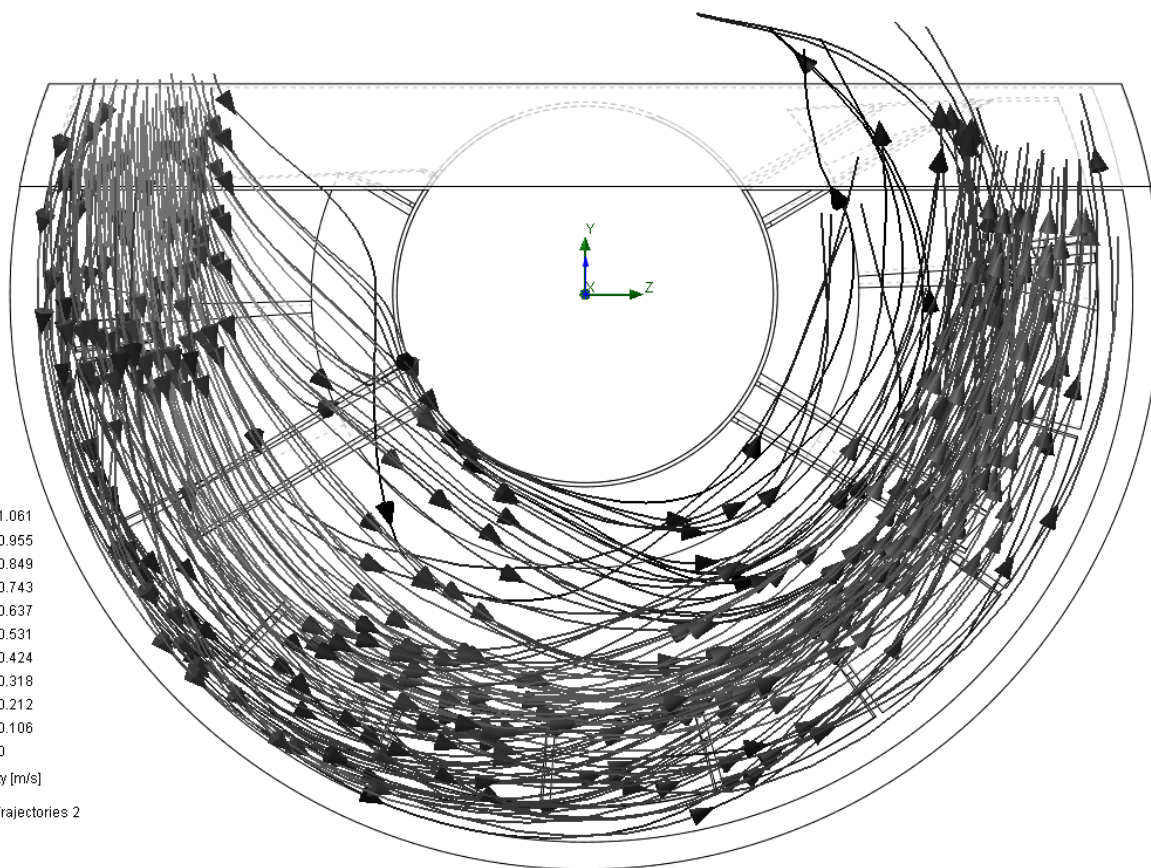
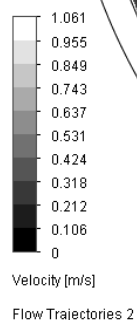


Рис 4.11 – Лінії течії навколо першого витка спіралі

Попл. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Попл. и дата

Инв. № подл.

Ли Изм. № докум. Подп. Дат

КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ

Лист

76

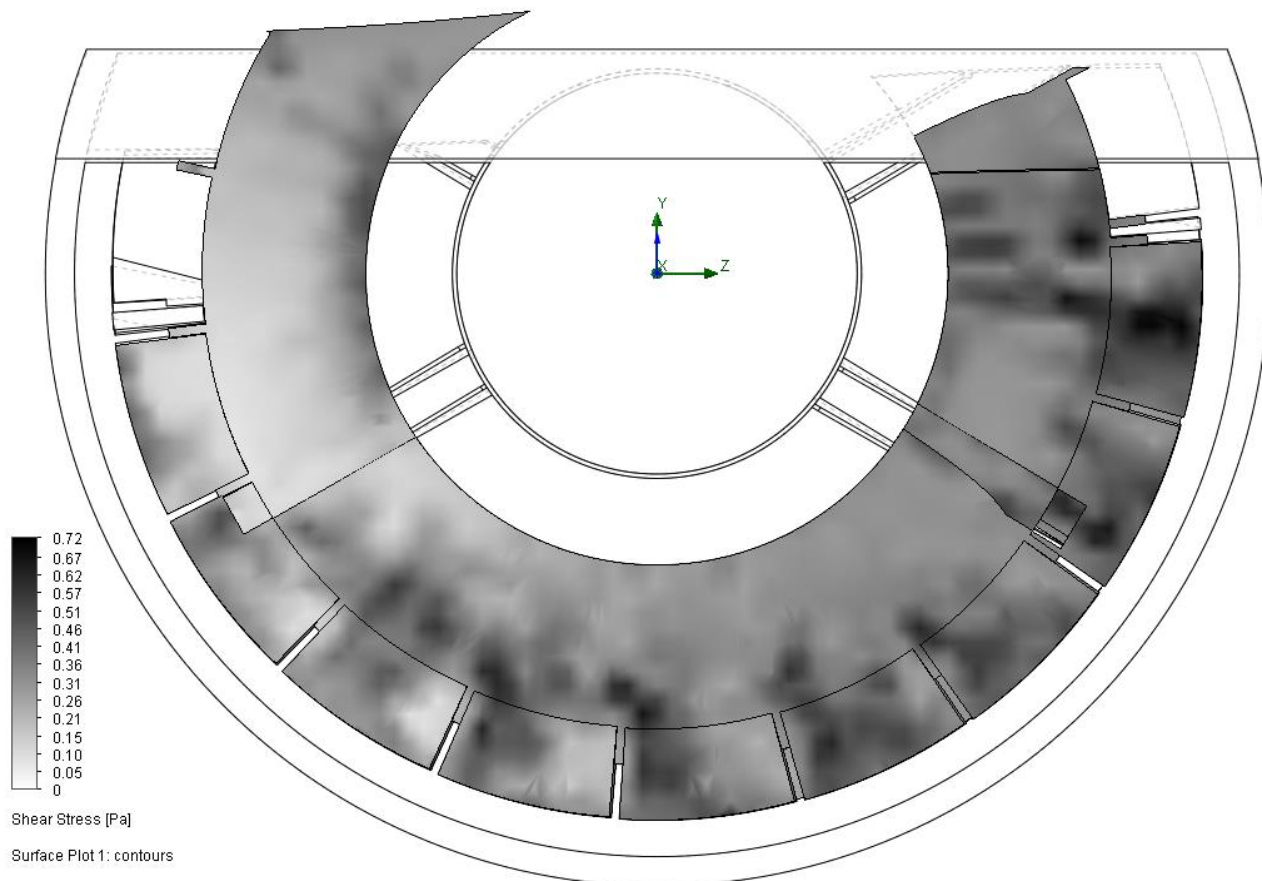


Рис 4.12 – Дотичні напруження на поверхні спіралі

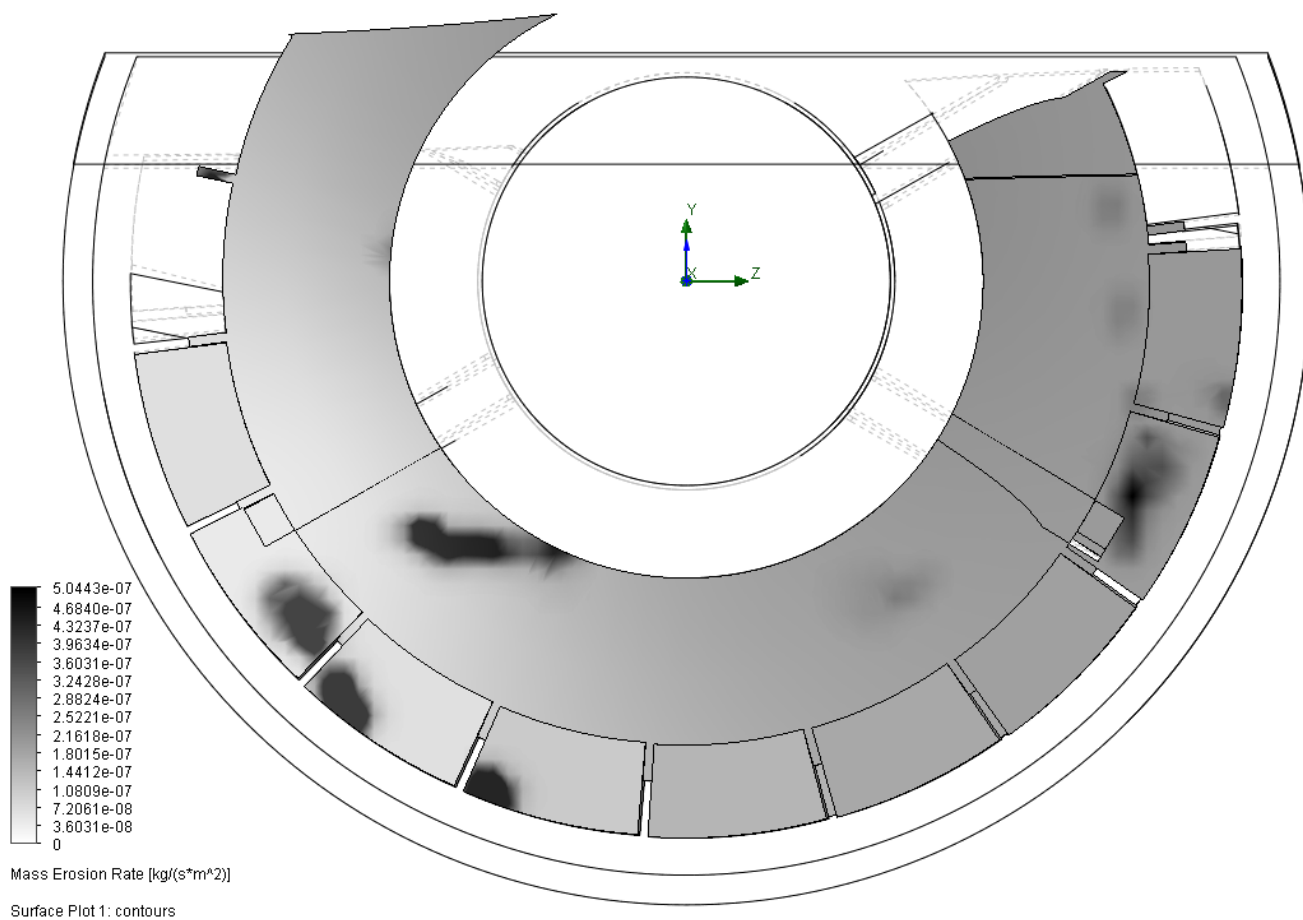


Рис 4.13 – Масова ерозія поверхні спіралі

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.			
Подп. и дата			
Инв. № подл.			

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ

Лист

77

Це припущення підтверджується розподілом дотичних напружень (рис 4.12) і масовим зношенням (рис 4.13), які пов'язані зі стираністю. Характер розповсюдження цих напружень дає зрозуміти, що інтенсивне зношення притаманне не тільки периметру спіралі, а і областям секторів, наближеним до осі спіралі.

Таким чином, потрібно захищати не тільки периметр спіралі, де в основному зосереджено футерування, а загалом усю поверхню спіралі.

4.4. Аналіз захисних полімерних покриттів

Як було зазначено раніше, у процесі експлуатації спіральних класифікаторів при поділі рудної породи та інших матеріалів не тільки периметр, а і уся стрічка спіралей відчуває значні стираючий вплив [24].

Найбільш зношуваний зовнішній край спіралі, футерується, зазвичай пластинами з хромистого чавуну, зносостійкої сталі або гуми.

Матеріали з яких виготовляється футерування спіралей класифікаторів:

- зносостійкий хромистий чавун ІЧХ (ЧХ16, ЧХ22, ІЧХ28Н2);
- марганцевиста сталь 110Г13Л;
- гума.

Суттєвим недоліком металевих футерувальних плит є висока маса та вартість.

Проведемо аналіз сучасних полімерних матеріалів та покриттів для захисту поверхонь гірничо-збагачувального обладнання від гідроабразивного зношування.

Гідроабразивне зношування у гірничо-збагачувальному обладнанні є критичною проблемою, що призводить до значного скорочення терміну служби техніки та підвищення експлуатаційних витрат. Сучасні полімерні матеріали та покриття забезпечують ефективний захист поверхонь за рахунок їхньої стійкості до механічного впливу, корозії та абразивного зношування.

Полімерні покриття значно підвищують термін служби обладнання, знижують витрати на технічне обслуговування та мінімізують простої. Оптимальний вибір залежить від конкретних умов експлуатації.

Ив. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		Ив. № подл.		
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ						Лист
											78

– зносостійкий хромистий чавун ІЧХ (ЧХ16, ЧХ22, ІЧХ28Н2);

– марганцевиста сталь 110Г13Л;

– гума.

Суттєвим недоліком металевих футерувальних плит є висока маса та вартість.

Проведемо аналіз сучасних полімерних матеріалів та покриттів для захисту поверхонь гірничо-збагачувального обладнання від гідроабразивного зношування.

Гідроабразивне зношування у гірничо-збагачувальному обладнанні є критичною проблемою, що призводить до значного скорочення терміну служби техніки та підвищення експлуатаційних витрат. Сучасні полімерні матеріали та покриття забезпечують ефективний захист поверхонь за рахунок їхньої стійкості до механічного впливу, корозії та абразивного зношування.

Полімерні покриття значно підвищують термін служби обладнання, знижують витрати на технічне обслуговування та мінімізують простої. Оптимальний вибір залежить від конкретних умов експлуатації.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

- Розглянемо основні типи полімерних матеріалів для захисту.

Матеріали:

- ### Преваги:

- ## Недоліки:

- ## Поліуретанові покриття

Матеріали:

- термореактивні (відливні) та термопластичні поліуретани (TPU).

Преваги:

- висока зносостійкість (у 3-5 разів вища за гуму).
- еластичність та амортизація.
- стійкість до масл і пального.

Недоліки:

- чутливість до гідролізу у вологому середовищі.

Полісечовинні покриття

Матеріали:

- поліаспарагінові полімери,
- аліфатичні та ароматичні поліуретани.

Переваги:

- найвища стійкість до абразиву.
- швидке затвердіння (10-15 сек).
- відмінна хімічна стійкість.

Недоліки:

- висока вартість,
- спеціальні умови нанесення.

Епоксидні та композитні покриття

Матеріали:

- епоксиди, армовані керамічними або металевими частинками.

Переваги:

- дуже тверді,
- витримують високі навантаження.
- хімічна стійкість.

Недоліки:

- ламкість,
- чутливість до ударних навантажень.

Таблиця 4.1 - Порівняння основних полімерних матеріалів

Матеріал	Абразивна стійкість	Хімічна стійкість	Еластичність	Вартість	Термостійкість
Гума (NR, NBR)	+++	++	++++	+	++
Поліуретан (TPU)	++++	+++	+++	+++	+++
Полісечовина	+++++	++++	++++	++++	++++
Епоксид	++++	++++	+	+++	+++++

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ					80

З таблиці 4.1 можна зробити наступні висновки:

- полісечовина – найперспективніший матеріал для захисту гірничого обладнання від гідроабразивного зношування через унікальну стійкість;
- поліуретани мають оптимальний баланс між зносостійкістю, еластичністю та вартістю;
- Епоксидні покриття підходять для твердих поверхонь з високими механічними навантаженнями;
- гума залишається традиційним, але менш довговічним рішенням.

Зносостійкість полімерів, що виражається в їх стираності (г/см²), що визначається сукупністю фізико-механічних властивостей матеріалу. Ключовими факторами, що впливають на стирання полімерів, є:

- *Молекулярна маса*: Зі збільшенням молекулярної маси полімеру зазвичай підвищується його механічна міцність та зносостійкість. Це пов'язано з тим, що довші ланцюги макромолекул забезпечують кращий розподіл навантаження та опір зовнішнім впливам.
- *Кристалічність*: Полімери з більш високим ступенем кристалічності мають більшу щільність упаковки макромолекул, що призводить до підвищення їх твердості і зниження стирання. Кристалічні області діють як бар'єри поширення тріщин і деформацій.
- *Надмолекулярна структура*: Структурні особливості, такі як ступінь зшивання (зшивання макромолекул), орієнтація ланцюгів та наявність аморфних чи кристалічних областей, суттєво впливають на механічні властивості полімерів. Наприклад, високий ступінь зшивки може підвищити твердість та зносостійкість матеріалу.
- *Температурні умови експлуатації*: Температура довкілля впливає фізичний стан полімеру. При підвищених температурах полімери можуть переходити до більш пластичного стану, що знижує їх зносостійкість. Навпаки, при низьких температурах матеріал стає більш крихким, що також може збільшити його стирання.

Инв. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ					Лист 81	
Ли		Изм.		№ докум.		Подп.		Дат							

- *Вологість та хімічне середовище*: Вологість та агресивні хімічні середовища можуть викликати набухання, гідроліз або окислення полімерів, що призводить до зміни їх механічних властивостей та підвищення стираності.
- *Наявність наповнювачів і добавок*: Введення в полімерну матрицю різних наповнювачів (наприклад, скловолокна, нанотрубки вуглецю) або пластифікаторів може істотно змінити механічні властивості матеріалу. Деякі наповнювачі підвищують твердість та зносостійкість, тоді як пластифікатори можуть знижувати ці показники.

Таким чином, стирання полімерів визначається комплексною взаємодією їх фізико-механічних властивостей, структурних характеристик та умов експлуатації. Оптимізація цих параметрів дозволяє створювати матеріали із заданими експлуатаційними характеристиками та підвищеною зносостійкістю.

Проаналізуємо, які властивості критично впливають на зносостійність полімерів

Таблиця 4.2 – Вплив на зносостійкість

Властивість	Вплив	Важливість
Межа міцності при розтягуванні	Вищий показник — менша стиранність	Важливо, але не основне
Відносне подовження	Оптимальне значення знижує стиранність (20-300%)	Важливо
Твердість (Shore A, D)	Більш тверді полімери зношуються менше	Дуже важливо
Коефіцієнт тертя	Низький коефіцієнт знижує стиранність	Дуже важливо
Стійкість до деформації під навантаженням	Важливий параметр для гум та еластомерів	Дуже важливо
Структура полімеру (кристалічність)	Кристалічні полімери (наприклад, поліамід) менш схильні до стирання	Важливо

Отже, зносостійкість або стиранність полімерів є комплексною характеристикою, яка залежить від поєднання таких властивостей, як:

- механічна міцність (перш за все міцність при розтягуванні);
- еластичність (відносне подовження);
- твердість;
- кристалічність;
- стійкість до деформацій;

Ине. № подп.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ					82

Коефіцієнт тертя μ - зв'язує силу тертя із нормальним навантаженням, відповідно чим вище μ , тим більше енергії розсіюється в зоні контакту, збільшуючи знос.

Твердість по Шору H_S - характеризує опір матеріалу втиску, для переведення в одиниці тиску (Па) можна використовувати емпіричні залежності для полімерів та гуми H_S (Shore A) $\approx 0.0055 \cdot H_S^2$ (кг/мм²) $\rightarrow 1 \text{ кг/мм}^2 = 9.81 \cdot 10^6 \text{ Па}$.

Межа міцності σ_{uts} та відносне подовження ε так впливають на стиранисть: висока σ_{uts} та низьке ε знижують знос (матеріал більш крихкий) і навпаки низька σ_{uts} та висока ε збільшують знос (матеріал пластичний).

Тоді залежність для визначення стиранисті буде мати наступний вид, г/см²:

$$C_T = 0.1 \cdot C \cdot \frac{\mu \cdot \tau \cdot v \cdot t \cdot \rho \cdot \varepsilon}{H_S \cdot \sigma_{uts}} \quad (4.20)$$

де C - емпірична константа, що враховує невраховані фактори (температура, шорсткість, мастило) та переведення одиниць, $C \approx 10^{-6}$; μ - коефіцієнт тертя; τ - напруження зсуву, Па; v - швидкість ковзання, м/с; t - час дії, с; ρ — щільність матеріалу, кг/м³; ε - відносне подовження, %; H_S - твердість по Шору; σ_{uts} - межа міцності при розтягуванні, Па.

Використовуючи розроблені залежності розрахуємо стиранисть матеріалів для футерування спіралей класифікатора. Результати наведені у табл. 4.3, рис 4.14, 4.15.

Таблиця 4.3 - Кореляція між стиранистю та механічними характеристиками для гуми, поліуретану та полісечовини

Матеріал	Щільність, г/см ³	Міцність при розтягуванні (МПа)	Відносне подовження (%)	Твердість (Shore A/D)	Коефіцієнт тертя	Стиранисть (г/см ²)	Вартість, \$/кг
Гума (NR, SBR, NBR, EPDM)	1,1-1,3	10 – 30	200 – 800	A 40 – 90	0.6 – 1.2	0.3 – 1.5	2-5
Поліуретан (PU, TPU)	1,1-1,3	30 – 80	100 – 600	A 60 – D 80	0.3 – 0.8	0.05 – 0.5	5-15
Полісечовина	1,0-1,2	20 – 50	200 –	A 50 –	0.2 – 0.6	0.02 –	10-20

Ине. № подп.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат					
					КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ				
					Лист 84				

			1000	D 70		0.2	
Марганцевиста сталь 110Г13Л	7,85	850-1350	30-50	–	0,4-0,6	1,2–6	2-3
хромистий чавун (ЧХ16, ІЧХ28Н2)	7,2-7,8	600-1200	<5	–	0.3-0.5	0,9–4,5	3-5

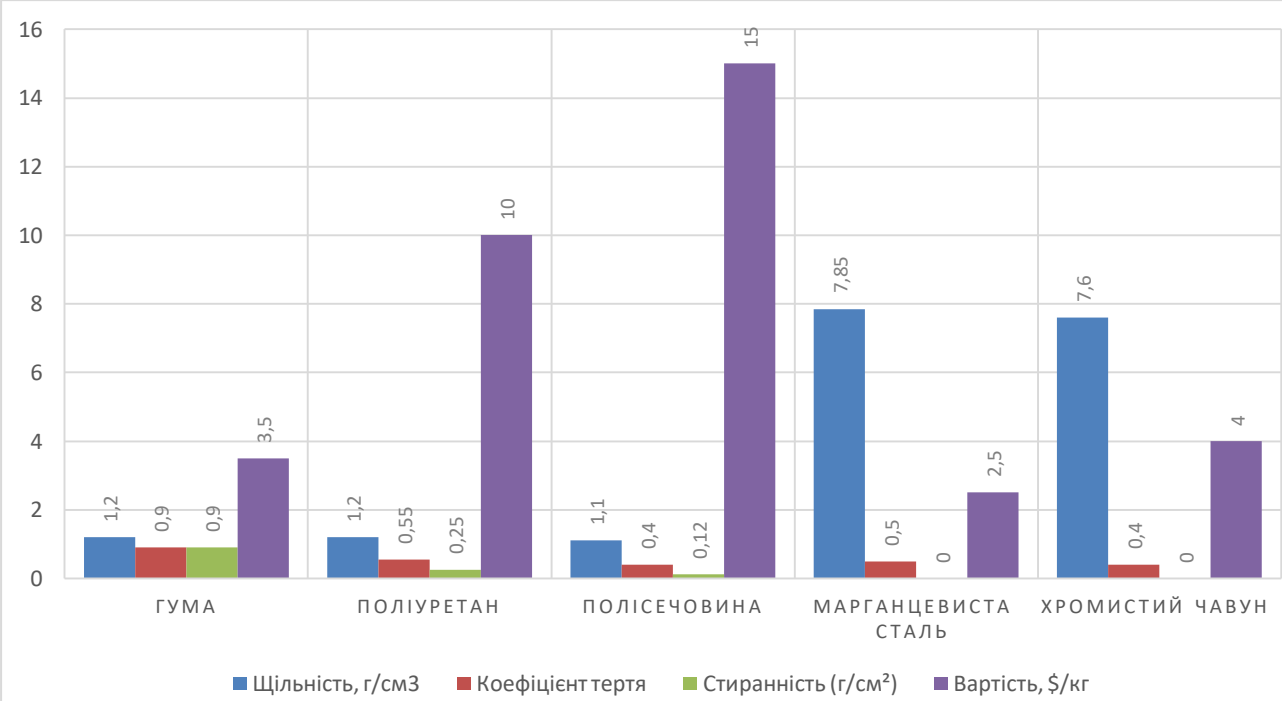
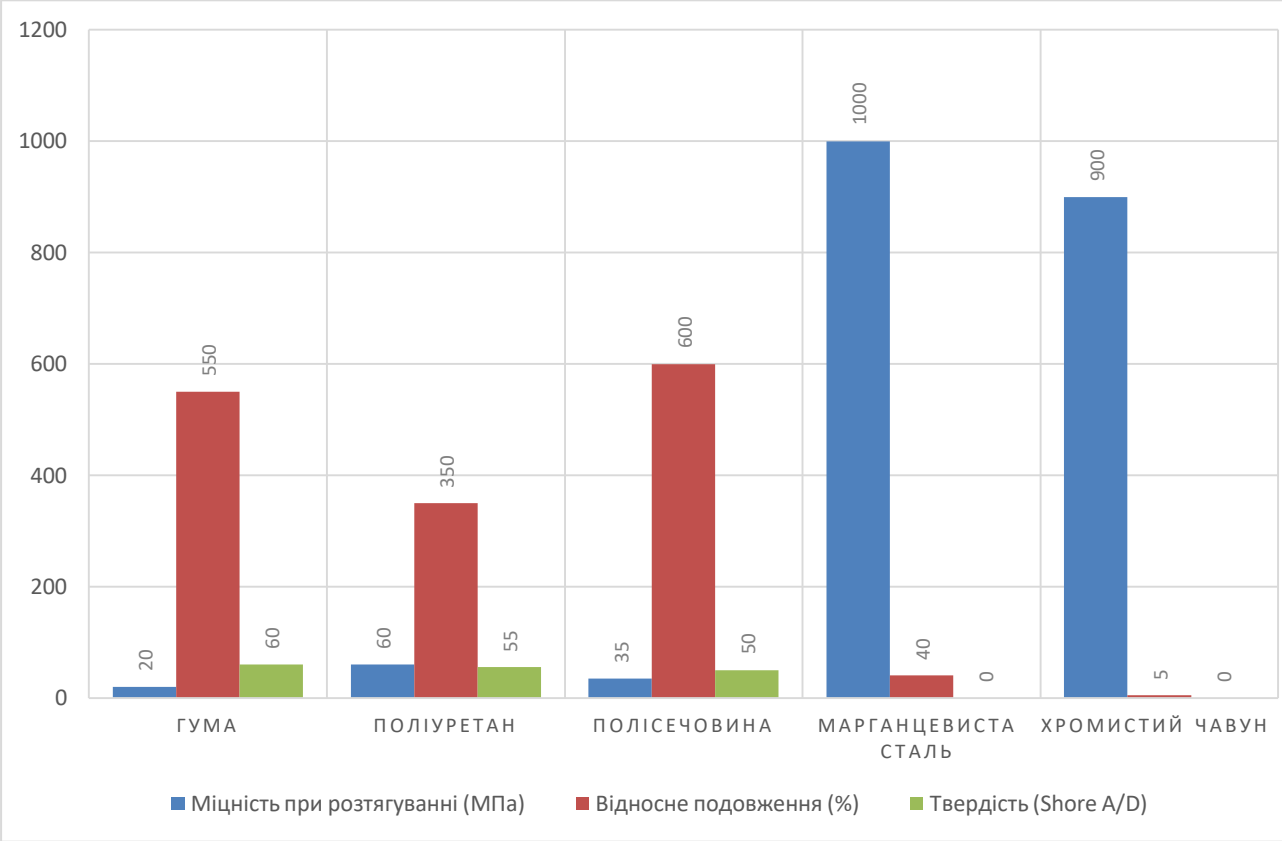


Рис 4.14 – Характеристики матеріалів футерування



Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Рис 4.15 – Характеристики матеріалів футерування

З таблиці 4.3 та графіків, наведених на рис 4.14 та 4.15, можна зробити наступні висновки:

- гума має високу гнучкість, але швидше стирається при високих навантаженнях. гнучка, добре поглинає удари, але може стиратися при великих навантаженнях;
- поліуретан демонструє найкраще співвідношення міцності та стиранності, що робить його ідеальним для деталей, що піддаються сильному зносу, висока зносостійкість, добре працює при високих навантаженнях та ударах;
- полімочевина має найменшу стиранність, особливо при поєднанні з армуванням, і відмінно працює в агресивних середовищах, відмінна хімічна та абразивна стійкість, хороша еластичність
- марганцевиста сталь має високу стійкість до зношування, особливо в умовах ударних навантажень.

4.5. Визначення економічної ефективності застосування полімерних покриттів

На основі даних таблиці 4.3 визначимо вартість кожного виду футерування.

Для цього визначимо кількість блоків гумового, поліуретанового, чавунного та сталевго футерування.

Для двох західної спіралі класифікатора використовується 216 плит.

Вартість однієї гумової плити футерування спіралі становить у середньому 241 грн 55 коп [11].

Маса однієї пласти такого футерування становитиме 4,3 кг.

Вартість однієї поліуретанової плити футерування спіралі становить у середньому 200 грн. [25].

Маса однієї пласти такого футерування становитиме 3,5 кг.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

При нанесенні полісечовини товщина покриття може регулюватись в залежності від вимог експлуатації та умов роботи обладнання. У деяких випадках товщина покриття може досягати 4 мм для забезпечення додаткового захисту [9, 12].

Mass Properties

Спираль классификатора 2КСН-30 расчет на прочность

Options...

Override Mass Properties... Recalculate

☒ Include hidden bodies/components

☐ Create Center of Mass feature

☐ Show weld bead mass

Report coordinate values relative to: -- default --

Mass properties of Спираль классификатора 2КСН-30 расчет на прочность

Configuration: По умолчанию

Coordinate system: -- default --

Density = 0.01 grams per cubic millimeter

Mass = 30015163.91 grams

Volume = 3848097936.60 cubic millimeters

Surface area = 227482853.66 square millimeters

Center of mass: (millimeters)

X = -3.78

Y = 0.06

Z = -0.04

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square millimeters)

Taken at the center of mass.

Ix = (1.00, 0.00, 0.00) Px = 20978943141375.74

Загальна площа поверхні спіралі 227 482 853,66 мм²

Отже, площа спіралі, що підлягає покриттю становить (227 482 853,66 -

$$39\,507\,393,72)/1000000=188\text{ m}^2$$

Маса покриття полісечовини становить 3,3 кг/м²

Розрахунок вартості встановлення різних футерувань наведено у табл 4.4.

Таблиця 4.4 – Вартість полімерних футерівок на одну спіраль

Футерівка	Маса, кг	Вартість встановлення/ нанесення, грн
Гума (NR, SBR, NBR, EPDM)	928,8	52 174,80
Поліуретан (PU, TPU)	756	43 200
Полісечовина	620,4	112 800

Додатково визначимо приблизну вартість ремонту спіралі, яка наведена у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Вартість капітального ремонту спіралі класифікатора 2КСН-30 [9, 10, 12]

Вид робіт	Вартість на одну спіраль, грн
1. Діагностування і розбирання	1 750 – 7 000
2. Демонтаж/монтаж	28 000
3. Запасні частини на спіраль	17 500 – 70 000
4. Підшипники і ущільнення	3 500 – 10 500
5. Ремонт	10 500 – 35 000
6. Рихтування і ущільнення	3 500 – 8 750
7. Складання і перевірка	5 250 – 14 000
8. Транспортування	1 750 – 5 250
9. Додаткові витрати (15%)	$(71\,750 - 169\,050) \cdot 0,15 = 10\,762,5 - 25\,357,5$
Загальна вартість	82512,5 – 194407,5

Визначимо строки служби спіралі з різними типами футерування на основі залежності (4.20). При цьому слід зазначити, що полісечовина є покриттям і воно поєднується з іншими видами футерування, тобто спочатку спрацьовується полісечовинне покриття, а потім починає стиратися основне футерування спіралі (гумове або поліуретанове). Строки служби спіралі класифікатора залежно від футерування наведені у табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Строки служби спіралі класифікатора залежно від футерування

Ив. № подп. Подп. и дата Ив. № дубл. Взам. инв. № Подп. и дата						Лист 88
	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

Тип футерівки	Вартість, грн	Строк служби, міс	Вартість на місяць, грн/міс
Хромистий чавун (ЧХ16, ЧХ22, ІЧХ28Н2)	265 223	6 - 9	29 470 – 44 200
Марганцевиста сталь 110Г13Л	356 235	8 - 12	29 690 - 44 530
Гума (NR, SBR, NBR, EPDM)	52 174,80	24 - 36	1 449 – 2 174
Поліуретан (PU, TPU)	43 200	36 - 54	800 – 1 200
Гума + полісечовина	164 974,80	144 - 216	763 – 1 146
Поліуретан + полісечовина	156 000	156 - 234	667 – 1 000

При остаточному порівнянні вартості ремонтів з використанням різних типів футерування металеве футерування не розглядатиметься через свою високу вартість.

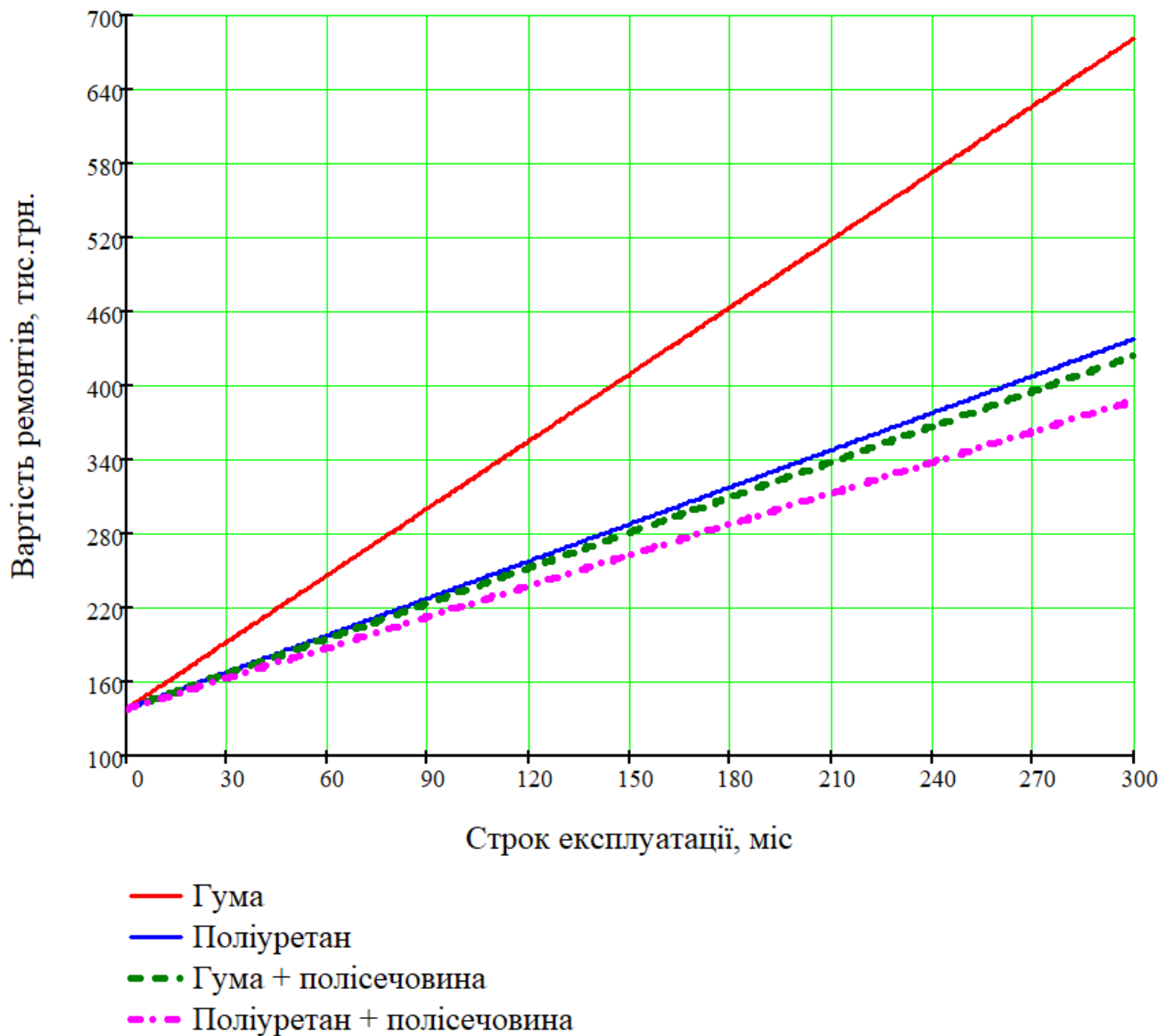


Рис 4.17 - Порівняння вартості капітальних ремонтів при різних покриттях

Таким чином, вартість капітальних ремонтів для поліуретанового футерування у 1,8 разів дешевша ніж при застосування гумового футерування.

При застосуванні комбінованого футерування з покриттям полісечовиною, вартість капітальних ремонтів для комбінації гума + полісечовина у 1,9 рази дешевша ніж при футерування тільки гумою і для комбінації поліуретан + полісечовина у 1,2 рази дешевша ніж при футерування тільки поліуретаном.

Однак слід зазначити, що при використанні полісечовини, вкривається уся поверхня спіралі, а не тільки футерувальні плити по периметру спіралі, що значно зменшує корозійне зношення, що не було відображено у наведеному підрахунку вартості.

Отже, можна зробити висновок, що використання полісечовини, попри дороговизни обладнання і покриття, може зменшити вартість експлуатації спірального класифікатора у 1,2-19 разів.

Инв. № подл.	Подп. и дата				Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ	Лист
															90

5. ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ КЛАСИФІКАТОРА СПІРАЛЬНОГО 2КСН-30

Річний план ремонтів

Назва машини: Класифікатор спіральний

Таблиця 5.1 - Вихідні дані до розрахунку

№ п/п	Назва параметру	Позн.	Значення
1	Кількість робочих днів у році	пд	250
2	Кількість робочих змін у добі	псм	
3	Кількість годин у зміні	тсм	8
4	Кільк. годин від останнього кап. ремонту або с початку експлуатації на початок року що планується	Аок	1580
5	Тип та періодичність ремонтів:	T1	1800
		T2	3600
		T3	0
		Tk	21600
6	Коєф.використання машини	ки	0,87

Таблиця 5.2 - Аналітичний метод розрахунку

№ п/п	Назва параметру	Позн.	Значення
1	Плановий об'єм роботи машини на рік	Ар	3480
2	Кількість капітальних ремонтів у плановому році	Nк	0
3	Кількість ремонтів №3 у плановому році	Nt3	0
4	Кількість ремонтів №2 у плановому році	Nt2	1
5	Кількість ремонтів №1 у плановому році	Nt1	2

Графічний метод розрахунку

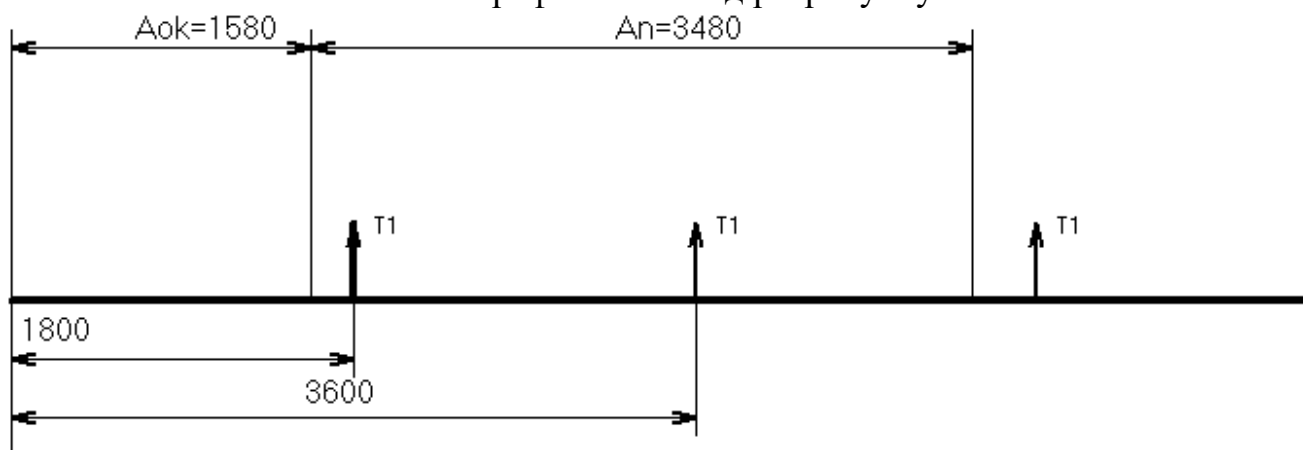


Рис 5.1 - Річний план ремонтів

Підп. і дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Підп. і дата
Инв. № подл.

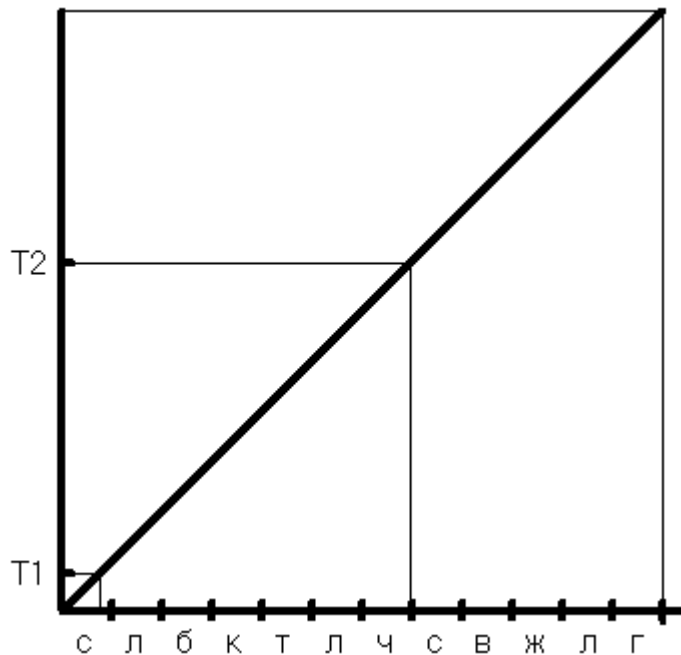


Рис 5.2 - Строки виконання ремонтів

Таблиця 5.3 - Календарний план ремонтів

№	Назва машини	с	л	б	к	т	л	ч	с	в	ж	л	г
1	Класифікатор спіральний												

Розрахунок ремонтних майстерень

Таблиця 5.4 - Вихідні дані до розрахунку

№ п/п	Назва параметру	Позн.	Значення
1	Кількість типів машин	N	1
2	Кількість однотипних машин	m	50
3	Кількість потокових ремонтів на рік	n1	6
		n2	5
		n3	0
4	Периодичність капітальних ремонтів на рік	Tk	3
5	Трудомісткість ремонтів	t1	110
		t2	136
		t3	0
		tk	560
6	Тривалість робочої зміни	t	7
7	Кількість змін на добу	n	2
8	Кількість вихідних днів на рік	B	104
9	Кількість святкових днів на рік	C	8
10	Кількість відпускних днів на рік	ВП	24
11	Коефіцієнт, який враховує ремонт неврахованого обладнання та інші позапланові роботи	a	1,5
12	Коефіцієнт, який враховує простої устаткування	Ko	0,95
13	Коефіцієнт, який враховує втрати часу	Kв	0,975
14	Коефіцієнт перевиконання норми	Kпн	1.175
15	Коефіцієнт використання верстатів	Kвв	0.7

КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ

Лист

92

Продовження табл. 5.4.

16	Коефіцієнт верстатних робіт	b1	0.3
17	Коефіцієнт зварювально-наплавочних робіт	b2	0.075
18	Коефіцієнт використання електродугового зварювального поста	Квз1	0.85
19	Коефіцієнт використання газового зварювального поста	Квз2	0.85
20	Коефіцієнт використання поста механічного наплавлення	Квз3	0.6
21	Коефіцієнт електродугового зварювання	Сз1	0.55
22	Коефіцієнт газового зварювання	Сз2	0.3
23	Коефіцієнт механічної наплавки	Сз3	0.2

Таблиця 5.5 - Результати розрахунку ремонтних майстерень

№ п/п		Позн.	Значення
1	Повний об'єм трудових витрат рем. майстерень на рік	Т	47500
2	Річний фонд робочого часу обладнання	Фо	3364,9
3	Загальна кількість металорізальних верстатів	Нвр	6
4	Кількість верстатів по типах: токарних верстатів	Нвр1	2
	свердлувальних верстатів	Нвр2	1
	точильно-обдирних верстатів	Нвр3	1
	інших типів верстатів	Нвр4	2
5	Кількість постів різних видів зварки: електродугова зварка	Нзв1	1
	газова зварка	Нзв2	0
	механічна наплавка	Нзв3	0
6	Річний фонд робочого часу 1 працівника	Фп	1562,925
7	Загальна кількість виробничих працівників	Нпр	26
8	Кількість верстатників	Нв	4
9	Кількість електрозварників	Нзв	2
10	Кількість ковалів та пресувальників	Нкп	2
11	Кількість працівників контрольного огляду та ін.	Нко	2
12	Кількість слюсарів та електрослюсарів	Нс	16
13	Загальний штат підприємства	Нзаг	31

Розрахунок необхідного запасу запасних частин

Таблиця 5.6 - Вихідні дані

№ п/п	Назва параметру	Позн.	Значення
1	Кількість однотипних машин, які перебувають в експлуатації	Н	50
2	Кількість одноіменних деталей або складальних одиниць	под	214
3	Тривалість часу від одного до другого надходження запасних деталей	тпп	1
			3
			6
			12
4	Строк служби сектора до першої заміни, міс	тд	48

Ине. № подп. Подп. и дата Ине. № дубл. Взам. инв. № Подп. и дата	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ Лист 93

Таблиця 5.7 - Результати розрахунку запасу запчастин

1	Коефіцієнт, який враховує кількість однотипних машин	Кп	0,3443
2	Коефіцієнт, який враховує кількість однотипних деталей	Код	997,4683 2
3	Коефіцієнт, який враховує рівномірність постачання	Кр	1.1, 1.3, 1.5, 2
4	Кількість запасних частин при надходженні 1 раз на місяць	N1	84211
5	Кількість запасних частин при надходженні 1 раз на 3 місяці	N3	298568
6	Кількість запасних частин при надходженні 1 раз на 6 місяців	N6	689003
7	Кількість запасних частин при надходженні 1 раз на 12 місяців	N12	1837342

[illegible]

Висновки до частини II

1. Через те, що спіраль працює у дуже агресивному середовищі (пульпа з вмістом дрібних абразивних часточок та розчинів солей) вона піддається інтенсивному зношенню – корозійному та гідроабразивному;
2. Для захисту робочої кромки спіралі використовують футерувальні плити, які виготовляються з трьох видів матеріалів – гуми, чавуну та марганцевистої сталі. Сталь та чівун мають високу власну вагу та сприяють збільшенню питомої потужності для обертання спіралі. Отже, основним недоліком базової конструкції спіралі класифікатора є недосконалість її футерування.
3. Визначено характер стирання спіралі класифікатора під дією гідроабразивного зношування на основі комп'ютерного моделювання за допомогою модуля FlowSimulation.
4. Встановлено, що течія пульпи більша по периметру витка спіралі і більша зпереду поверхні витка. Течія біля задньої поверхні витка менш інтенсивна. Інтенсивність стирання розповсюджується не тільки на область футерувальних плит, а і вище безпосередньо до самих секторів спіралі. Це означає можливе стирання не тільки футерувальних плит, а і металу самих секторів. Отже, потрібно захищати не тільки периметр спіралі, де в основному зосереджено футерування, а загалом усю поверхню спіралі.
5. Для футерування спіралі планується використовувати поліуретан та полісечовину. Проаналізовано фізико-механічні властивості цих полімерів з точки зору стираності. Встановлено, що стираність поліуретану у 3-6 разів нижча за гуму, а полісечовини у 7-15 разів нижча за гуму. Проте вартість поліуретану 1,5-3 рази вища за гуму, а полісечовини – у 4-5 разів вища за гуму.
6. Встановлено, що гума має високу гнучкість, але швидше стирається при високих навантаженнях, вона гнучка, добре поглинає удари, але може стиратися при великих навантаженнях.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ					Лист 95
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат						

7. Встановлено, що поліуретан демонструє найкраще співвідношення міцності та стиранності, що робить його ідеальним для деталей, що піддаються сильному зносу, висока зносостійкість, добре працює при високих навантаженнях та ударах;
8. Встановлено, що полісечовина має найменшу стиранність, особливо при поєднанні з армуванням, і відмінно працює в агресивних середовищах, відмінна хімічна та абразивна стійкість, хороша еластичність.
9. Встановлено вартість футерування спіралі пропонованими полімерами. Так вартість футерування поліуретаном менша у 1,2 рази за гуму, а полісечовиною – у 2,16 разів вища за гуму.
10. Встановлено, що вартість капітальних ремонтів для поліуретанового футерування у 1,8 разів дешевша ніж при застосування гумового футерування.
11. Встановлено, що при застосуванні комбінованого футерування з покриттям полісечовиною, вартість капітальних ремонтів для комбінації гума + полісечовина у 1,9 рази дешевша ніж при футерування тільки гумою і для комбінації поліуретан + полісечовина у 1,2 рази дешевша ніж при футерування тільки поліуретаном.
12. Встановлено, що використання полісечовини, попри дороговизни обладнання і покриття, може зменшити вартість експлуатації спірального класифікатора у 1,2-1,9 разів.

Ине. № подл. Подп. и дата Ине. № дубл. Взам. инв. № Подп. и дата						КНУ.РБ.133.25.83с.02 ПЗ	Лист 96
	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

Инв. № подл.	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Инв. № подл.	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						КНУ.РБ.133.25.83с.03 ПЗ
				Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	
				Разраб.	Микитюк				
				Пров.	Чумак				
Инв. № подл.	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Розробка технології ремонту класифікатора спірального 2КСН-30
				Лит	Лист	Листов			
						97	157		
				ГМО ГМБ-21					

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 56 с., 2 рис., 12 табл., 27 літературних джерел.

Метою роботи є розробка технології ремонту спіралей класифікатора спірального 2КСН-30. Об'єкт роботи – процес зношення спіралі класифікатора спірального 2КСН-30. Предмет роботи – параметри конструкції класифікатора спірального 2КСН-30, зокрема його робочого органу - спіралі.

Розроблено технологічні схеми ремонту спіралей класифікатора спірального 2КСН-30, а саме демонтажу та розбирання з переліком робіт та обладнання, миття, дефектації та складання. у схеми миття деталей спіралей. Встановлено, що мийка деталей спіралей виконується за допомогою піскостумінної обробки, з використанням миючих засобів зі струменевим очищенням пересувними мийними засобами. Визначені способи маркування пошкоджених деталей, розглянуті основні види дефектів деталей спіралі, норми їх зношення і способи вимірювання зносу. Запропоновано використання захисного покриття з полісечовини, яке гарантує гідроізоляцію, антикорозійний захист, захист від абразивного зносу.

Розроблено технологію нанесення захисного покриття з полісечовини на поверхню спіралі. Розглянуті види дефектів нанесення покриття, способи їх упередження та усунення. Розроблено заходи контролю якості та приймання робіт. Розроблено заходи техніки безпеки і охорона праці. Розрахована фінальна вартість робіт з нанесення полісечовини на спіраль класифікатора складе 266105,17 грн. Строк виконання усіх робіт робіт 96,1 год на одну спіраль, витрата полісечовини 902 кг.

Ключові слова: СПІРАЛЬНИЙ КЛАСИФІКАТОР, СПІРАЛЬ КЛАСИФІКАТОРА, РЕМОНТ, ПОЛІСНЧОВИНА, ТЕХНОЛОГІЯ НАНЕСЕННЯ ПОЛІСЕЧОВИНИ.

6 ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТУ КЛАСИФІКАТОРА СПІРАЛЬНОГО 2КСН-30

6.1. Технічна діагностика класифікатора спірального 2КСН-30

Для діагностики стану спірального класифікатора з незануреною спіраллю 2КСН-30 застосовуються різні методи, які дозволяють оцінити його технічний стан, виявити дефекти та запобігти поломкам без зупинки роботи класифікатора, оскільки він працює у технологічному ланцюзі. Ці методи можна розділити на візуальні, інструментальні та комплексні. Ці методи можна комбінувати для отримання повної картини стану обладнання та своєчасного запобігання відмовам [13].

Для діагностики спірального класифікатора без зупинки найбільше підходять такі методи:

- Вібраційна діагностика (для оцінки стану підшипників та спіралі).
- Термографія (контролю температури вузлів).
- Ультразвуковий контроль (для раннього виявлення зносу).
- Аналіз шуму та віброакустика (для комплексної оцінки).
- Контроль продуктивності (для аналізу ефективності роботи).
- Моніторинг параметрів електродвигуна (для виявлення перевантажень).

Розглянемо основні методи діагностики спірального класифікатора.

1. Візуальні методи - є найпростішими і найдоступнішими способами перевірки стану обладнання. До них відносяться:

а. Огляд зовнішнього стану дозволяє визначити:

- ступінь корозії корпусу, опорних конструкцій та кріплень;
- виявлення тріщин, деформацій чи зносу деталей;
- оцінка герметичності ущільнень та з'єднань.

б. Контроль забруднення дозволяє визначити наявність абразивних частинок або опадів на опорах і траверсі.

в. Огляд спіралі дозволяє визначити:

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	– Аналіз шуму та віброакустика (для комплексної оцінки). – Контроль продуктивності (для аналізу ефективності роботи). – Моніторинг параметрів електродвигуна (для виявлення перевантажень).					
					Розглянемо основні методи діагностики спірального класифікатора.					
					1. Візуальні методи - є найпростішими і найдоступнішими способами перевірки стану обладнання. До них відносяться:					
					а. Огляд зовнішнього стану дозволяє визначити:					
Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	– ступінь корозії корпусу, опорних конструкцій та кріплень; – виявлення тріщин, деформацій чи зносу деталей; – оцінка герметичності ущільнень та з'єднань.					
					б. Контроль забруднення дозволяє визначити наявність абразивних частинок або опадів на опорах і траверсі.					
					в. Огляд спіралі дозволяє визначити:					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ					Лист
										99

- візуальна перевірка зношування лопатей спіралі (особливо крайок).
- виявлення ушкоджень (сколів, тріщин) чи деформації.

2. Інструментальні методи забезпечують точніші дані про стан устаткування.

а. Вібраційна діагностика дозволяє визначити:

- рівень вібрації на підшипниках, валу та корпусі;
- дисбаланс спіралі;
- зношування підшипників;
- проблем із муфтами або кріпленнями.

Переваги:

- Безперервний моніторинг.
- Сигналізація про критичні зміни у режимі реального часу.

Обладнання: портативні віброметри або стаціонарні системи моніторингу (наприклад, SKF Microlog чи аналоги).

б. Ультразвукова діагностика перевіряє товщину стінок корпусу та спіралі для виявлення корозії або ерозії та виявляє внутрішні тріщини або розшарування матеріалу.

Переваги:

- Висока чутливість.
- Можливість раннього виявлення проблем.

Обладнання: ультразвукові дефектоскопи (наприклад, UE Systems Ultratrend).

в. Термографія призначена для вимірювання температури підшипників, редуктора та інших вузлів і дозволяє виявити перегрів, який може вказувати на недостатнє змащення, зношування або перевантаження.

Переваги:

- Безпека: можна проводити з відривом.
- Швидке виявлення проблем.

Обладнання: Тепловізори (наприклад, FLIR Systems).

г. Вимірювання геометричних параметрів:

Ив. № подл. Подп. и дата Ив. № дубл. Взам. инв. № Подп. и дата						КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ Лист 100
	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

Обладнання: витратоміри, ситові аналізатори.

в. Діагностика олії (трибодіагностика) виконує аналіз олії з редуктора чи підшипників на наявність продуктів зносу (металевих частинок), що дозволяє оцінити ступінь забруднення та старіння олії.

4. Специфічні методи для спірального класифікатора

а. Ерозійний контроль - оцінка ступеня зношування корпусу та спіралі за допомогою спеціальних датчиків або проб, що дозволяє провести аналіз швидкості ерозії, залежно від складу пульпи.

б. Контроль кутів установки - перевірка кута нахилу спіралі щодо горизонталі та його коригування для забезпечення оптимальної роботи.

Діагностичні перевірки проводять регулярно:

- Щоденний огляд – візуальний контроль.
- Щомісячний огляд – інструментальні методи.
- Раз на півроку – комплексна діагностика.

Під час перевірок використовують сучасне обладнання, таке як вібродатчики, тепловізори, ультразвукові товщиноміри.

Усі отримані результати діагностики для аналізу трендів та прогнозування відмов заносять для порівняння до спеціальної бази даних.

Отже, для діагностики спірального класифікатора з непогруженої спіраллю необхідно комбінувати візуальні, інструментальні та комплексні методи. Це дозволить своєчасно виявити дефекти, запобігти аварійним ситуаціям та продовжити термін служби обладнання.

Ознаки граничного або аварійного зношення:

- Плити футерівки зношені до метала витків спіралі;
- Значні корозійні ушкодження корита або спіралей;
- Протікання корита;
- Заклинювання або значне утруднення обертання спіралі, що свідчить про руйнування ущільнення нижньої зануреної опори.

Ив. № подп.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист 102
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ					

6.2. Підготовка до ремонту класифікатора спірального 2КСН-30

Ремонтний процес гірничих машин включає комплекс взаємопов'язаних робіт, які поділяються на підготовчі, основні та завершальні технологічні операції. Вони виконуються у визначеній послідовності на спеціально обладнаних робочих місцях, що дозволяє повернути працездатність та відновити ресурс зношених машин, агрегатів, вузлів і деталей, втрачені під час експлуатації [22, 23, 26, 27].

До підготовчих робіт належить транспортування машини на ремонтний майданчик або її доставка на підприємство, яке здійснює ремонт.

Підготовка класифікатора спірального до ремонтних робіт включає кілька послідовних етапів [22, 23, 26, 27]:

- розроблення технологічних карт та технічних вимог для кожного виду робіт;
- створення схем розбирання та складання редуктора, де зазначаються необхідні інструменти та обладнання;
- підготовка переліку деталей редуктора, необхідного для складальних операцій;
- нормування ремонтних процесів;
- складання технічних завдань для розроблення спеціального обладнання та оснащення, яке використовуватиметься під час ремонту;
- визначення методів та засобів контролю якості виконаних робіт.

До технологічних етапів підготовки класифікатора до ремонту також входять [22, 23, 26, 27]:

- формування попереднього переліку можливих дефектів на основі матеріалів останнього технічного огляду та наявної інформації про попередні ремонти;
- підготовка всієї необхідної документації, зокрема робочих креслень, технічних вимог, дефектних відомостей тощо;
- розробка проєкту ремонтних робіт;

- складання заявок на запасні частини, матеріали та інструменти, їх закупівля та доставка на ремонтну базу.

У рамках проєкту організації ремонтних робіт визначаються методи виконання операцій, вибираються засоби механізації, встановлюється необхідність у використанні спеціального інструменту та оснащення, а також розраховується потреба в персоналі та його розподіл [22, 23, 26, 27].

Технічна документація, включно з кресленнями класифікатора, технічними вимогами та дефектними картами, отримується безпосередньо від заводу-виробника.

Перед початком ремонтних робіт уся залучена ремонтна бригада проходить обов’язковий інструктаж, що охоплює питання організації, технології ремонту, дотримання встановлених термінів, а також правила техніки безпеки.

6.3. Розробка технологічної схеми ремонту класифікатора спірального 2КСН-30

Основні технологічні операції під час ремонту класифікатора спірального включають [22, 23, 26, 27]:

- приймання обладнання в ремонт;
- очищення та миття зовнішніх поверхонь;
- розбирання на агрегати, вузли та окремі деталі;
- миття та діагностику деталей;
- виявлення дефектів та контроль якості;
- виготовлення, відновлення або заміну зношених деталей, металоконструкцій, електричних, гідравлічних і пневматичних елементів;
- збирання агрегатів та вузлів;
- загальне складання, налаштування і регулювання;
- тестування у холостому режимі та під навантаженням.

Незалежно від місця виконання та тривалості, основні технологічні операції зберігають свою сутність. Однак вони можуть бути реалізовані різними методами,

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Основні технологічні операції під час ремонту класифікатора спірального включають [22, 23, 26, 27]:					
					– приймання обладнання в ремонт;					
					– очищення та миття зовнішніх поверхонь;					
					– розбирання на агрегати, вузли та окремі деталі;					
					– миття та діагностику деталей;					
Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	– виявлення дефектів та контроль якості;					
					– виготовлення, відновлення або заміну зношених деталей, металоконструкцій, електричних, гідравлічних і пневматичних елементів;					
					– збирання агрегатів та вузлів;					
					– загальне складання, налаштування і регулювання;					
					– тестування у холостому режимі та під навантаженням.					
Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Незалежно від місця виконання та тривалості, основні технологічні операції зберігають свою сутність. Однак вони можуть бути реалізовані різними методами,					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ					Лист
										104

а правильний підхід до організації та технології ремонту дозволяє зменшити трудомісткість та час виконання робіт, підвищуючи їхню ефективність і якість.

Завершальні етапи ремонту передбачають транспортування обладнання на місце експлуатації, проведення промислових випробувань та офіційну передачу замовнику.

Загальна схема технологічного процесу ремонту класифікатора спірального наведена в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Технологічний процес ремонту класифікатора спірального 2КСН-30
[17]

п/п	Операція	Устаткування та інструмент
1	Вилучення класифікатора з технологічного ланцюга	
2	Очищення корита від залишків пульпи	Промивання водою
3	Попереднє очищення класифікатора	Промивання водою під тиском
4	Демонтаж основних вузлів класифікатора	Ключі, молотки, знімачі, мостовий кран та ін.
5	Очищення вузлів класифікатора від бруду і мастила	Ганчір'я, гас, вода
6	Очищення вузлів класифікатора від старої фарби	Ванна із спецрозчином
7	Миття і сушка деталей вузлів класифікатора	Ванна для миття або мийна машина
8	Контроль і сортування вузлів класифікатора	Інструмент для перевірки геометричних розмірів, прилади для ультразвукового, рентгенівського і іншого контролю
9	Ремонт деталей вузлів куласифікатора	Устаткування для зварювання, наплавлення, металізації, гальванічні ванни та ін.
10	Складання і регулювання вузлів класифікатора	Ключі, преси, молотки, скоби, індикатори і тому подібне
11	Змащування редукторів, опор та цапф	Змащувальні шприці, олива
12	Фарбування вузлів класифікатора	Краскопульт, сушильна піч
13	Сушка вузлів класифікатора	Сушильна камера
14	Складання класифікатора	Ключі, преси, молотки, скоби, індикатори, мостовий кран, та ін.
15	Випробування класифікатора	Прилади для визначення температури, шуму, вібрації та ін.

Далі зосередимося на організації ремонту спіралі класифікатора.

Ив. № подл. Подп. и дата Ив. № дубл. Взам. инв. № Подп. и дата						КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ Лист 105
	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

6.4. Розбирання спіралі класифікатора спірального 2КСН-30

Розбирання спіралі класифікатора здійснюється безпосередньо в ремонтно-механічній майстерні (РММ) або на спеціально облаштованому майданчику біля класифікатора. В умовах РММ проводять демонтаж спіралі, що транспортується за допомогою вантажних засобів. Для виконання цих операцій у цехах використовують мостові крани. Після демонтажу окремі вузли та деталі транспортують до відповідних ремонтних відділень або цехів.

У технологічних картах розбирання машин зазначається послідовність операцій, перелік необхідних інструментів та пристосувань, норми часу виконання робіт, а також технічні вимоги до процесу. Під час демонтажу та монтажу необхідно зберігати взаємне розташування деталей, які працювали у парі до ремонту [13].

Методи розбирання можуть бути послідовними або комбінованими. У першому випадку процес проводиться по чергово – спочатку демонтується один вузол, потім інший і так далі.

При комбінованому методі одночасно демонтується кілька вузлів, що значно скорочує загальний час розбирання.

Розбирання спіралі починається з демонтажу плит футерування. При відкручуванні різьбових з'єднань слід запобігати пошкодженню їхньої різьби, не допускається зрубівання болтів і гайок. Якщо кріплення заіржавіло, його попередньо обробляють гасом. Демонтовані кріпильні елементи сортують за розмірами, а різьбу відновлюють на спеціальному верстаті.

Потім, за необхідності, демонтуються секторі гвитової лінії спіралі та знімаються хомути з кільцями, повністю звільняючи вісь спіралі.

Нероз'ємні з'єднання (наприклад, зварні) демонтують лише у разі їх пошкодження. Водночас усі розбірні з'єднання (конусні, шпонкові, шліцьові, посаджені з натягом) обов'язково підлягають розбиранню. Для цього використовують універсальні та спеціалізовані знімачі, які забезпечують збереження деталей і пришвидшують процес демонтажу [26].

Різні типи знімачів використовуються залежно від конструкції деталей:

Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ине. № инв.					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат						

КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ

106

– механічні гвинтові – працюють за рахунок поступального руху гвинта.
 – гідравлічні – створюють необхідне зусилля за допомогою гідравлічного приводу.

– індукційні – нагрівають деталь вихровими струмами до температури 120–140°C, після чого вона легко знімається.

– ручні пресові – застосовуються для демонтажу великих деталей.

Для збереження посадкових поверхонь під час розпресовування може використовуватися метод нагнітання мастила під тиском до 200 МПа у місце з'єднання або поступове збільшення зусилля.

При проведенні індивідуального ремонту маркуванню підлягають усі демонтовані деталі для правильного збирання.

Перед початком демонтажу спіраль класифікатора підлягає попередньому очищенню за допомогою омивання струменями води під великим тиском.

Після цього проводиться зовнішній огляд, під час якого проводиться попередня оцінка його технічного стану. Отримані результати фіксуються в акті прийому-передачі. Для очищення окремих ділянок спіралі застосовуються крім води, ганчір'я, а також гас або бензин для видалення залишків мастильних матеріалів [27].

Розбирання спіралі здійснюється у цехах ремонтного підприємства, оснащених необхідними вантажопідйомними механізмами, стелажми, інструментами та пристроями. Процес включає поетапний розбір спіралі на складальні вузли, а потім – на окремі деталі.

Маса основних деталей спіралі класифікатора:

- спіраль класифікатора 2КСН-30 – 14040 кг;
- вісь спіралі – 6711 кг;
- хомут зі спицями – 108 кг;
- сектор спіралі – 59,6 кг;
- гумова плита футерування – 4,3 кг

Таким чином, для виконання демонтажу та збирання спіралі в розбирально-складальному цеху необхідне підйомне обладнання вантажопідйомністю не менше 15-20 тон.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат					

КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ

лист
107

Процес розбирання включає значний обсяг операцій із роз'ємними з'єднаннями. Болти, гайки можуть бути піддані корозії або пошкодженням, тому для їх демонтажу необхідно використовувати відповідні інструменти та пристрої. Конструкція спіралі передбачає достатньо легкий доступ до всіх кріпильних елементів без необхідності застосування складного спеціалізованого обладнання.

Уся спіраль зібрана із застосуванням болтових з'єднань.

Таблиця 6.2 – Інструмент для розгвинчування кріпильних виробів

Кріпильний виріб	Тип поверхні і розмір	Інструмент
Болт М20 ГОСТ 7798-70	Шестикутник, S=30	Ключ гайковий 24х30 ГОСТ 2839-80
Гайка М20 ГОСТ 5915-70	Шестикутник, S=30	Ключ гайковий 24х30 ГОСТ 2839-80

Набір інструменту для розбирання спіралі класифікатора:

- Ключ гайковий 24х30 ГОСТ 2839-80;
- Гайковерт електричний або пневматичний;
- Гайковерт ударний електричний;
- Гас;
- Кутова шліфувальна машина (болгарка);
- Ганчір'я;
- Козли, підкладки дерев'яні;
- Вантажопідйомне обладнання (мостовий кран) вантажопідйомністю 15-20 т.

Для підвищення ефективності робіт, окрім стандартного ручного інструменту (гайкових ключів, викруток), рекомендується застосовувати механізовані інструменти з пневматичним, електричним або гідравлічним приводом, наприклад, гайковерти.

Оскільки усі кріпильні вироби перебувають у агресивному середовищі, можуть виникнути певні проблеми з відкручуванням гайок. Для цього застосовуються ударні гайковерти, нагрівання, використання гасу тощо.

За неможливості відкрутити гайку, такий болт зрізається болгаркою.

Процес демонтажу виконується згідно з технологічною картою та графіком

Ине. № подл. Подп. и дата Ине. № дубл. Взам. инв. № Подп. и дата					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ

лишт

108

робіт, де визначено послідовність операцій, перелік інструментів, обладнання та нормовані витрати часу. Можливі два підходи до розбирання:

- Послідовний – розбирання відбувається поетапно, один за одним.
- Комбінований – розбирання відбувається паралельно кількох деталей, що прискорює процес, але потребує більшої кількості робітників та обладнання.

Правила зберігання знятих деталей.

З метою забезпечення безпеки під час розбирання спіралі класифікатора необхідно дотримуватись наступних вимог:

- роботи слід виконувати відповідно до затвердженої інструкції, що містить технологічну схему розбирання/складання та технічні характеристики підйомного обладнання;

- усі працівники повинні пройти попередній інструктаж з техніки безпеки;
- при прийманні обладнання із заводу необхідно перевірити його комплектність і проведення контрольного складання на підприємстві-виробнику;
- усі вантажопідйомні пристрої (стропи, траверси, гачки, захоплення тощо) повинні відповідати стандартам, бути перевіреними та сертифікованими.

- зняті деталі необхідно розташовувати у відповідності до їхнього подальшого використання;

- великогабаритні елементи, які не потребують ремонту, укладають на дерев'яні підкладки або козли;

- дрібні деталі поміщають у металеві кошики чи ящики з сітчастими перегородками для подальшого миття.

Дотримання цих вимог дозволяє знизити ризики при виконанні ремонтних робіт та забезпечує якісний процес демонтажу і подальшого складання спіралі класифікатора.

6.5. Миття спіралі класифікатора спірального 2КСН-30

Класифікатори з незануреною спіраллю використовуються у процесах збагачення корисних копалин, зневоднення та сортування руд і піщаних сумішей.

Инв. № подл	Подп. и дата				
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
	Подп. и дата				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

У них спіраль частково контактує з оброблюваним матеріалом, що призводить до специфічного забруднення її деталей [26].

Деталі спіралі класифікатора піддаються впливу абразивного середовища, вологи та хімічно активних речовин. Найбільш поширені види забруднень включають [27]:

- Абразивні відкладення – частинки мінералів і піску, які осідають на поверхні спіралі та її кріплень.
- Налипання глинистих і мулових включень – утворюються під час роботи з дрібнодисперсними матеріалами, ускладнюють рух спіралі та збільшують навантаження на привід.
- Масляні та мастильні залишки – з’являються через витік мастильних матеріалів із редуктора та підшипникових вузлів.
- Корозійні відкладення – утворюються через постійний контакт деталей з вологою та агресивними хімічними речовинами, що містяться в рудних породах.

Для видалення таких забруднень можуть застосовуватися як спеціалізовані миючі засоби, розраховані на конкретний тип забруднення, так і універсальні, які дозволяють ефективно очищати всі види забруднень одночасно. До них належать водні розчини кальцинованої та каустичної соди, а також різноманітні синтетичні мийні склади.

Основні методи очищення деталей спіралі класифікатора, необхідні для підготовки до дефектації та ремонту деталей, включають механічні, хімічні та комбіновані способи [26, 27]:

1. Механічне очищення. Цей метод є найбільш поширеним, аде наймнш продуктивний, передбачає видалення забруднень шляхом механічного впливу і включає:

- Щіткові механізми – використовуються для видалення налиплих частинок породи та піску.
- Шкребкові пристрої – ефективні для очищення глинистих відкладень і мулу.

Ив. № подл. Подп. и дата Ив. № дубл. Взам. инв. № Подп. и дата						КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ Лист 110
	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

– Піскоструминна або гідропіскоструминна обробка – найпродуктивніший вид очищення, дозволяє видаляти щільні відкладення, корозійні нашарування та залишки мастильних матеріалів.

– Гідродинамічне очищення – застосовується високонапірний струмінь води (до 200 МПа), який змиває тверді відкладення та мул.

2. Хімічне очищення та миття. Використання миючих засобів дозволяє ефективно видаляти жири, окисні та корозійні забруднення і включає:

– Лужні розчини (каустична сода, кальцинована сода) – використовуються для очищення сталевих деталей від жирових і органічних забруднень.

Концентрація:

– каустична сода – 50–80 г/л,

– кальцинована сода – 10–15 г/л.

Робоча температура розчину: 80–90 °С.

– Фосфатні миючі розчини (тринатрійфосфат, рідке скло) – ефективні для очищення деталей із чорних і кольорових металів.

– Синтетичні миючі засоби (СМС) – такі як МС-5, МС-6, Лабомід-101, забезпечують ефективне очищення без корозійного впливу.

Використовуються в методах занурення та струминного очищення.

– Антикоровісні реагенти – застосовуються для обробки металевих поверхонь після очищення для запобігання подальшій корозії.

3. Комбіновані методи очищення. У багатьох випадках найбільш ефективним є поєднання механічного та хімічного очищення. Наприклад, перед застосуванням миючих розчинів рекомендується механічне видалення основних забруднень для підвищення ефективності хімічної обробки.

Найефективнішим підходом є використання комбінованих методів очищення, що включають механічні способи, застосування миючих розчинів і антикорозійну обробку. Правильний вибір методу очищення залежить від характеру забруднення, матеріалу деталей та умов експлуатації класифікатора.

Загальний технологічний процес миття деталей спіралі наведено у табл 6.3.

Ине. № подп	Подп. и дата		Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Ине. № подп	Подп. и дата		Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
забезпечують ефективне очищення без корозійного впливу. Використовуються в методах занурення та струминного очищення. – Антикорозійні реагенти – застосовуються для обробки металевих поверхонь після очищення для запобігання подальшій корозії. 3. Комбіновані методи очищення. У багатьох випадках найбільш ефективним є поєднання механічного та хімічного очищення. Наприклад, перед застосуванням миючих розчинів рекомендується механічне видалення основних забруднень для підвищення ефективності хімічної обробки. Найефективнішим підходом є використання комбінованих методів очищення, що включають механічні способи, застосування миючих розчинів і антикорозійну обробку. Правильний вибір методу очищення залежить від характеру забруднення, матеріалу деталей та умов експлуатації класифікатора. Загальний технологічний процес миття деталей спіралі наведено у табл 6.3.										
<table><tr><td>Ли</td><td>Изм.</td><td>№ докум.</td><td>Подп.</td><td>Дат</td></tr></table>						Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат						

КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ

лист111

Таблиця 6.3 - Технологічний процес миття деталей ківшу [17]

п/п	Операції, переходи і технічні умови	Устаткування, пристрої і інструменти
1	2	3
Попереднє миття спіралі		
1	Розташувати спіраль на спеціальних козлах таким чином, щоб до усіх поверхонь був доступ	Кран 20 т, стропи.
2	Попередньо обробити спіраль високонапірним струменем води	Установка гідроструменевого або піскоструменевого миття
3	Обмити частини спіралі, що мають масляні забруднення струменем води з розчином синтетичних миючих засобів	Насос, шланг, бак з розчином миючих засобів
Технічні умови		
4	На поверхні спіралі забруднення не допускаються; якщо вони є - провести на повторне миття додатково застосувавши металеві щітки, ганчір'я	Огляд
5	Обдути спіраль стислим повітрям до повного видалення вологи	Пістолет 199-ГАРО або ін.
6	Контроль ВТК. Перевірити якість миття спіралі	Огляд
Миття осі спіралі		
7	Розташувати вісь спіраль таким чином, щоб до усіх поверхонь був доступ	Кран 20 т, стропи.
8	Попередньо обробити вісь високонапірним струменем води	Установка гідроструменевого або піскоструменевого миття
9	Обмити частини осі спіралі, що мають масляні забруднення струменем води з розчином синтетичних миючих засобів	Насос, шланг, бак з розчином миючих засобів
10	Обмити частини спіралі, що мають фразування розчинником фарби	Гарчир'я, розчинник
Технічні умови		
11	На поверхні осі спіралі забруднення та фарба не допускаються; якщо вони є - провести на повторне миття додатково застосувавши металеві щітки, ганчір'я	Огляд
12	Обдути вісь стислим повітрям до повного видалення вологи	Пістолет 199-ГАРО або ін.
13	Контроль ВТК. Перевірити якість осі спіралі	Огляд
Миття деталей спіралі		
14	Навісити спицеві скоби на конвеєр, і включити мийну машина і розкласти сектори в сітчасті кошики, піраміди або начепити на конвеєр мийної машини	Таль електрична ТЗ 00, стропи.
15	Промити їх в мийній машині при робочій температурі розчину	Мийна машина ОМ-4267 або інша
16	Зняти деталі з конвеєра і обдути стислим повітрям до повного видалення вологи	Таль електрична ТЗ 00, стропи, пістолет 199-ГАРО або ін.

Підп. і дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Підп. і дата	Инв. № подл.

17	Перевірити якість миття після проходження його через мийну машину	Огляд
Технічні умови		
18	На поверхні деталей спіралі елементів редуктору забруднення не допускаються; якщо воно є - направити на повторне миття	Огляд
19	Обдути деталі редуктору стислим повітрям до повного видалення вологи	Пістолет 199-ГАРО або ін.
20	Контроль ВТК. Перевірити якість миття деталей	Огляд
Миття кріпильних виробів		
21	Завантажити кріпильні вироби у ванну, включити установку і промити їх впродовж 10 -15 хв	Сітчасті кошики, установка для миття ОМ-6068, таль електрична ТЗ 06, стропа
22	Вивантажити кріпильні вироби і обдути стислим повітрям до повного виділення вологи	Пістолет 199-ГАРО
23	Контроль БТК. Перевірити якість миття і направити вироби на ділянку дефектації	Огляд

6.6. Дефектація деталей спіралі класифікатора спірального 2КСН-30

Наступний етап у загальній схемі ремонту спіралі класифікатора передбачає дефектацію деталей після їх миття. Основна мета цього процесу — оцінка технічного стану деталей і визначення їхньої придатності для подальшої експлуатації. Для проведення дефектації використовують спеціально розроблені технічні вимоги, які оформлюються у вигляді карт для кожної деталі окремо [22, 23, 26, 27].

Усі деталі під час дефектації розподіляють на такі групи [22, 23, 26, 27]:

- Справні деталі, розміри яких відповідають допустимим нормам, вони не мають пошкоджень та дефектів. Вони направляються на склад готових деталей або до ділянки комплектування, а також маркуються зеленою або жовтою фарбою.
- Пошкоджені деталі, що мають зношення або дефекти, які можна усунути шляхом ремонту. Після визначення маршруту відновлення вони направляються у відповідні ремонтні зони або на склад деталей, що очікують ремонту. Маркування здійснюється білою або синьою фарбою.

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат					
					КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ				
					Лист 113				

Люмінесцентний метод заснований на здатності певних речовин світитися під впливом ультрафіолетового випромінювання. Деталь занурюють у ванну з флюоресцентною рідиною (суміш гасу, бензину, трансформаторного масла та флюоресцентного барвника), потім промивають, висушують і покривають сілікогелем. Під ультрафіолетовим світлом рідина, що залишилася в дефектах, світиться, дозволяючи їх виявити. Метод використовується для виявлення тріщин шириною від 10 мкм у кольорових і неметалічних матеріалах.

Магнітний метод застосовується для контролю деталей із феромагнітних матеріалів (сталь, чавун). Спочатку деталь намагнічують, після чого занурюють у суспензію з гасу, трансформаторного масла та магнітного порошку. У місцях дефектів утворюється розсіювальне магнітне поле, що призводить до скупчення порошку, чітко окреслюючи межі пошкоджень. Метод дозволяє виявляти тріщини розміром від 1 до 5 мкм.

Ультразвуковий метод базується на здатності ультразвукових хвиль проникати через матеріал і відбиватися від межі двох середовищ, зокрема від дефектів. Використовуються два варіанти контролю:

– Метод просвічування – джерело ультразвукових хвиль і приймач розташовуються по різні боки деталі. За відсутності дефектів хвилі проходять крізь матеріал, у протилежному випадку – створюється зона акустичної тіні.

– Імпульсний метод – відбиті ультразвукові імпульси фіксуються приймачем, дозволяючи визначити місцезнаходження і розмір дефекту.

Ультразвуковий контроль має високу точність і ефективний для виявлення внутрішніх дефектів (тріщин, шлакових включень, пористостей) у деталях значної товщини.

Найвідповідальнішою деталлю спіралі є вісь, тому вона підлягає найретельнішому контролю прихованих дефектів.

Технологічний процес дефектації деталей спіралі наведено у табл. 6.4.

Таблиця 6.4 - Технологічний процес дефектації деталей спіралі [17]

п/п	Операції, переходи і технічні умови	Устаткування, пристрої і інструмент
-----	-------------------------------------	-------------------------------------

Инв. № подл	Подп. и дата				Лист 115
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
	Подп. и дата				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

– Метод просвічування – джерело ультразвукових хвиль і приймач розташовуються по різні боки деталі. За відсутності дефектів хвилі проходять крізь матеріал, у протилежному випадку – створюється зона акустичної тіні.

– Імпульсний метод – відбиті ультразвукові імпульси фіксуються приймачем, дозволяючи визначити місцезнаходження і розмір дефекту.

Ультразвуковий контроль має високу точність і ефективний для виявлення внутрішніх дефектів (тріщин, шлакових включень, пористостей) у деталях значної товщини.

Найвідповідальнішою деталлю спіралі є вісь, тому вона підлягає найретельнішому контролю прихованих дефектів.

Технологічний процес дефектації деталей спіралі наведено у табл. 6.4.

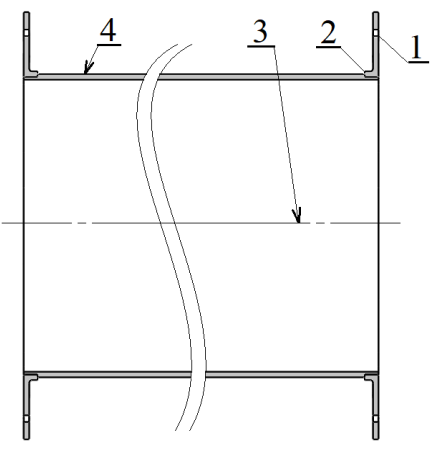
Таблиця 6.4 - Технологічний процес дефектації деталей спіралі [17]

п/п	Операції, переходи і технічні умови	Устаткування, пристрої і інструмент
-----	-------------------------------------	-------------------------------------

Вісь спіралі		
1	Покласти вісь спіралі на козли на майданчику для дефектації	Кран 20 т, стропи
2	Зовнішнім оглядом виявити такі дефекти: видимі тріщини, спрацювання поверхонь, каверни від корозії	Лупа, крейда, банка з гасом ганчірки
3	Підготувати вісь для визначення захованих дефектів. Обшліфувати наждачним папером риски і подряпини	Наждачний папір, ганчір'я
5	Перевірити кріпильні отвори на фланцях на спрацювання	Мікрометр, штангенциркуль
6	Перевірити прямолінійність вісі	Лазерний рівень
7	Перевірити ультразвуковим методом місця зварювання (фланці до труби)	Ультразвуковий дефектоскоп
8	На принципах контролю маркірувати деталь відповідно до групи спрацювання	Банка з фарбою
9	Заповнити відомість дефектів	Відомість
10	Доставити придатну вісь на комплектування, вісь яка підлягає ремонту, на ділянку ремонту, браковану вісь - на склад металобрухту	Кран 20 т, стропи, ящики тара

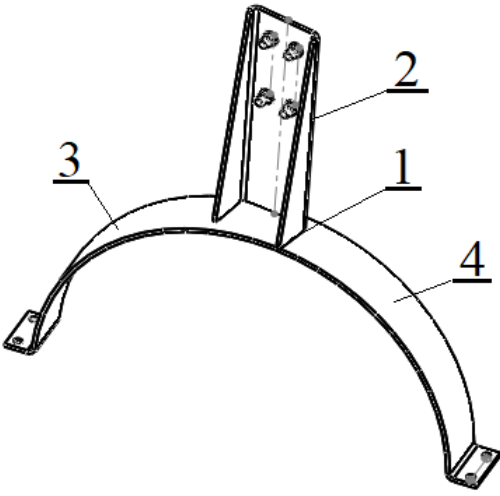
Хомути спиць та сектори		
11	Покласти деталі на майданчик для дефектації	Таль до 1 т, стропи
12	Зовнішнім оглядом виявити такі дефекти: видимі тріщини, спрацювання поверхонь, каверни від корозії	Лупа, крейда, банка з гасом ганчірки
13	Підготувати вісь для визначення захованих дефектів. Обшліфувати наждачним папером риски і подряпини	Наждачний папір, ганчір'я
14	Перевірити кріпильні отвори на спицях та секторах на спрацювання	Мікрометр, штангенциркуль
15	Перевірити ультразвуковим методом місця зварювання (спиця до хомута)	Ультразвуковий дефектоскоп
16	На принципах контролю маркірувати деталі відповідно до групи спрацювання	Банка з фарбою
17	Заповнити відомість дефектів	Відомість
18	Доставити придатні деталі на комплектування, деталі які підлягають ремонту, на ділянку ремонту, браковані деталі - на склад металобрухту	Таль до 1 т, стропи, ящики тара

Таблиця 6.4 - Дефектна карта осі спіралі

КНУ, кафедра гірничих машин і обладнання			Дефектна карта	
			Спіраль	
			3505.29.02.000	
			Вісь спіралі	
			3505.29.02.100	
			Кількість 1	
			Маса 6394 кг	
№	Найменування	Спосіб встановлення	Розміри, мм	Спосіб ремонту

поз	дефекту	дефекту і вимірювальний інструмент	Номинальний	Без ремонту	З ремонтом	
1	Зношення кріпильних отворів	Огляд, вимірювання, штангенциркуль 0-125 мм, лінійка вимірювальна 0-1500 мм	22	25	27	Допускається для ремонту не більше однієї на одну провущину. В інших випадках бракувати
2	Тріщини в зоні зварного шва	Огляд, кольоровий метод, ультразвуковий метод				Тріщини обробити і заварити з установкою накладок із зовнішнього боку
3	Згин	Огляд, лазерний рівень. Допуск прямолінійності	До 2,5 мм	До 5 мм	До 10 мм	Вирівнювання на правильному стенді
4	Корозійні ушкодження, скручування	Огляд				Корозійні каверни зачистити, при великих ушкодженнях навантирити накладки. Створить захисне покриття.

Таблиця 6.5 – Дефектна карта хомута спиці

КНУ, кафедра гірничих машин і обладнання		Дефектна карта		
		Спіраль		
		3505.29.02.000		
		Хомут спиці		
		3505.29.02.200		
		Кількість 74		
		Маса 37 кг		
№	Найменування	Спосіб встановлення	Розміри, мм	Спосіб ремонту

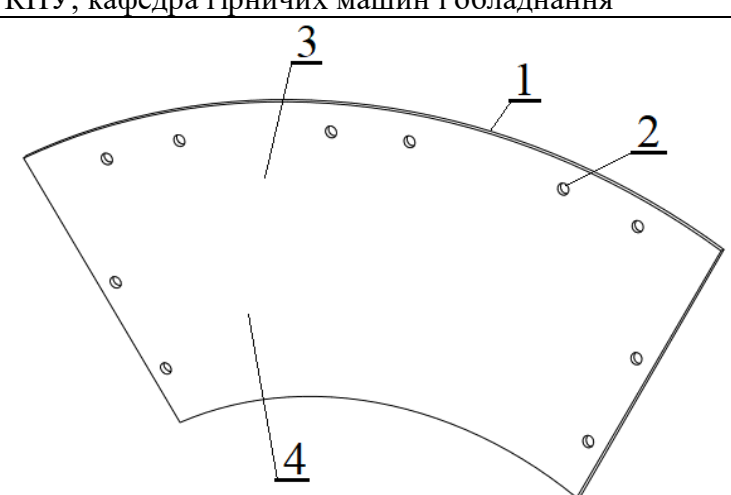
КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ

Лист

117

поз	дефекту	дефекту і вимірювальний інструмент	Номинальний	Без ремонту	З ремонтом	
1.	Тріщини в зоні зварного шва	Огляд, кольоровий метод, ультразвуковий метод				Тріщини обробити і заварити з установкою накладок із зовнішнього боку
2	Згин	Огляд, кутики, штангельциркуль, лінійка 0-500 мм. Допуск площинності	До 1 мм	До 2 мм	До 5 мм	Вирівнювання на правильному стенді
3	Згин	Огляд, штангельциркуль, лінійка 0-500 мм. Допуск площинності	До 1 мм	До 2 мм	До 5 мм	Вирівнювання на правильному стенді
4	Корозійні ушкодження	Огляд				Корозійні каверни зачистити, при великих ушкодженнях навантирити накладки. Створить захисне покриття.

Таблиця 6.6 – Дефектна сектора

КНУ, кафедра гірничих машин і обладнання			Дефектна карта			
			Спіраль			
			3505.29.02.000			
			Сектор			
			3505.29.02.003			
			Кількість 72			
			Матеріал Сталь 40			
			HRC ≥40			
			Маса 56 кг			
№ поз	Найменування дефекту	Спосіб встановлення дефекту і вимірювальний інструмент	Розміри, мм			Спосіб ремонту
			Номинальний	Без ремонту	З ремонтом	

- індивідуальна підгонка деталей

Вибір відповідного методу визначається низкою факторів, серед яких кількість персоналу, особливості ремонту, наявне обладнання та рівень кваліфікації спеціалістів.

При повній взаємозамінності кожна деталь проходить складання без додаткової обробки. Для цього потрібна висока точність виготовлення компонентів, а також використання якісного контрольно-вимірювального обладнання та спеціального інструменту, що не завжди доступне у ремонтних майстернях.

Часткова взаємозамінність допускає застосування регульовальних елементів, таких як прокладки, шайби або стяжки, що компенсують незначні відхилення в розмірах деталей.

Метод індивідуальної підгонки передбачає коригування розмірів посадочних місць певних деталей. Для досягнення необхідної точності проводиться обробка робочих поверхонь шляхом видалення зайвого матеріалу. Серед основних способів підгонки можна виокремити обпилювання, зачистку, шабрування, притирання та полірування.

Обпилювання виконується для зняття нерівностей з корпусів редукторів, підшипників, шпонок та інших деталей, а також для забезпечення необхідної щільності з'єднання. Ця операція поділяється на грубу (з використанням звичайних напилків) та тонку (за допомогою надфілів або оксамитових напилків).

Шабрування використовується для зняття надлишкового шару металу у місцях контакту деталей. Його виконують спеціальними шаберами, які можуть бути як плоскими (для плоских поверхонь), так і трикутними (для внутрішніх циліндричних отворів).

Притирання дозволяє досягти високої точності та чистоти поверхонь. Це здійснюється механічним або хіміко-механічним методом шляхом використання притиральних порошків у поєднанні з мастильно-охолоджуючими рідинами. В якості абразивних матеріалів застосовують карборунд, наждак, скло або спеціальні пасту, такі як ГОІ.

Інв. № подп.	Попл. и дата	Інв. № дубл.	Взам. инв. №	Попл. и дата	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ Лист 120
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

Організація складання може бути різною залежно від типу виробництва [22, 23, 26, 27]:

- при індивідуальному або дрібносерійному виготовленні збірка здійснюється вручну з окремих деталей або вузлів на стаціонарному робочому місці. такий процес потребує високої кваліфікації працівників та є більш трудомістким.
- вузловий метод передбачає попереднє складання окремих частин виробу, що підвищує продуктивність.
- масове виробництво використовує потокові методи складання, які можуть бути стаціонарними або рухомими. у першому випадку виріб залишається нерухомим, а робітники переміщуються між робочими зонами. у другому – деталі переміщуються по конвеєру.

Складальні ділянки обладнують спеціальними верстаками, стелажми, гідравлічними та ручними пресами, ваннами для нагрівання підшипників і підйомно-транспортними пристроями. Працівники забезпечуються необхідними слюсарно-монтажними інструментами, включаючи електричні гайковерти та динамометричні ключі.

Важливу роль у складанні відіграє технічний контроль. Усі деталі перед монтажем очищують від забруднень і перевіряють на відповідність технічним вимогам. Контроль якості виконують фахівці ВТК, які слідкують за дотриманням технологічного процесу та виключають можливість використання несанкціонованих компенсуючих елементів.

На завершальному етапі контролери ВТК перевіряють відповідність посадок, взаємодію деталей, зазори в механізмах та якість з'єднань. У разі відсутності відхилень вузол отримує відповідне маркування та допускається до подальшого використання.

Таблиця 6.7 - Технологічний процес комплектування спіралі [17]

п/п	Операції, переходи і технічні умови	Устаткування, пристрої і інструмент
Підготовка		
1	Оглянути деталі, які поступили до комплектації	Зовнішній огляд

Инв. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.																			
динамометричні ключі.																								
Важливу роль у складанні відіграє технічний контроль. Усі деталі перед монтажем очищують від забруднень і перевіряють на відповідність технічним вимогам. Контроль якості виконують фахівці ВТК, які слідкують за дотриманням технологічного процесу та виключають можливість використання несанкціонованих компенсуючих елементів.																								
На завершальному етапі контролери ВТК перевіряють відповідність посадок, взаємодію деталей, зазори в механізмах та якість з'єднань. У разі відсутності відхилень вузол отримує відповідне маркування та допускається до подальшого використання.																								
Таблиця 6.7 - Технологічний процес комплектування спіралі [17]																								
<table><tr><td>п/п</td><td>Операції, переходи і технічні умови</td><td>Устаткування, пристрої і інструмент</td></tr><tr><td colspan="3">Підготовка</td></tr><tr><td>1</td><td>Оглянути деталі, які поступили до комплектації</td><td>Зовнішні огляд</td></tr></table>							п/п	Операції, переходи і технічні умови	Устаткування, пристрої і інструмент	Підготовка			1	Оглянути деталі, які поступили до комплектації	Зовнішні огляд									
п/п	Операції, переходи і технічні умови	Устаткування, пристрої і інструмент																						
Підготовка																								
1	Оглянути деталі, які поступили до комплектації	Зовнішні огляд																						
<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="3">КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ</td><td>Лист</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>121</td></tr><tr><td>Ли</td><td>Изм.</td><td>№ докум.</td><td>Подп.</td><td>Дат</td></tr></table>												КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ	Лист						121	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
					КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ	Лист																		
						121																		
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат																				

Технічні умови		
	До комплектації відділення необхідно щоб приходили тільки ті деталі, які мають зелений і синій колір маркірування, деталі, які пройшли ремонт та нові деталі	
2	Внести деталі, які поступили в журнал обліку руху деталей і складових частин	Журнал
3	Розкласти деталі на палетах та підставках на ремонтному майданчику	
Технічні умови		
	Деталі укладати згідно з номерами	
Комплектування		
4	Відібрати деталі за номенклатурою і кількістю відповідно з комплектаційною відомістю для кожної складальної одиниці, покласти їх в комплектаційні корзини	Корзини комплектаційні
Технічні умови		
	Відібрані деталі повинні мати в з'єднанні зазор або натяг згідно таблиць з'єднань	
5	Відправити підібрані комплекти до ділянки складання	Візок комплектації
6	Відзначити в журналі обліку руху деталей і складених частин про відправлені комплекти	

Таблиця 6.8 - Технологічна карта збирання спіралі класифікатора

Номер операції	Технологічна карта збирання	Найменування вузла: спіраль класифікатора 2КСН-30				
		Цех	Ділянка	Місце складання	Кількість вузлів	Номер вузла
					1	3505.29.02.000
	Зміст операції	Деталі, які беруть участь у складанні		Засоби виробництва		
		Номер деталі	Кількість деталей	Найменування		Кількість
1	2	3	4	5		6
1	Встановити на скаладальний стенд	1	1	Кран мостовий 20 т		1
2	Надягти	2	74	Таль 1 т		1
3	Вставити	5	296			
4	Вставити	7	296			
5	Закрутити	6	296	Ключі гайкові, гайковерти		2
6	Вставити	5	288			
7	Вставити	3	72	Таль 1 т		1
8	Вставити	7	288			
9	Закрутити	6	296	Ключі гайкові, гайковерти		2
10	Нанести захисне покриття			Установка напилення		1
11	Вставити	5	432			
12	Вставити	4	214	Таль 1 т		1
13	Вставити	7	288			

Ине. № подп.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Ине. № инв.
Подп. и дата	Взам. инв. №
Ине. № подп.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Ине. № инв.
Подп. и дата	Взам. инв. №
Ине. № подп.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Ине. № инв.
Подп. и дата	Взам. инв. №

КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ

Лист

122

Ли Изм. № докум. Подп. Дат

14	Закрутити	6	296	Ключі гайкові, гайковерти	2
----	-----------	---	-----	------------------------------	---

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ				
--------------------------	--	--	--	--

Лист
123

7 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ СПРАЛІ КЛАСИФІКАТОРА СПРАЛЬНОГО 2КСН-30

7.1. Аналіз процесу зношування деталей колісної спіралі класифікатора

На основі результатів аналізу конструкції спірального класифікатора 2КСН-30 (див Частина І) можна зазначити, що основними видами зношування деталей спіралі є гідроабразивне та корозійне зношування.

Не зважаючи на те, що корито також контактує з пульпою, інтенсивність зношування його набагато менша, оскільки його захищає постіль з піску, що утворюється на дні під час роботи.

Для сповільнення цього процесу було запропоновано використання захисного покриття з полісечовини (див Частина II).

Отже основною метою цієї частини кваліфікаційної роботи є розробка технологічного процесу нанесення захисного покриття з полісечовини на усю поверхню спіралі, як найбільш зношуваного вузла класифікатора.

7.2. Пропонована технологія відновлення спіралі класифікатора 2КСН-30

7.2.1. Область застосування та переваги покриття на основі полісечовини

Починаючи з 80-х років ХХ століття інженери-хіміки створили інноваційні полімерні смоли, що не містять у своєму складі розчинників (що мають 100% сухий залишок). Матеріали мають високу міцність та відносне подовження, швидкий час реакції, високу зносостійкість та здатність протистояти впливу хімікатів. На даний момент сучасні покриття, такі як полісечовина та гібриди на її основі, є найперспективнішими серед можливих матеріалів, що мають високу абразивну стійкість і стійкість до хімічних реагентів [9].

Полісечовина - це гідроізоляція, антикорозійний захист, захист від абразивного зносу та облицювальне покриття одночасно [9].

Полісечовина найчастіше використовується як гідроізоляція або захист конструкцій, особливо там, де критично важливими факторами є висока механічна і хімічна стійкість, швидке завершення робіт і негайне введення в

Якщо бути більш конкретним, полісечовину можна використовувати для гідроізоляції мостів, тунелів, дахів, терас, гаражів, басейнів, акваріумів, резервуарів для води, резервуарів біологічного очищення стічних вод, трубопроводів, фундаментів та багато іншого. З нашого асортименту Wetisol Spray-400 - чиста полісечовина, найкраще підходять як гідроізоляційні покриття. З іншого боку, Wetisol Spray-400 та Wetisol Spray-500XT, завдяки своїй високій хімічній та механічній стійкості, є ідеальним захисним покриттям для промислових підлог, паливних баків, причепів для вантажних автомобілів, кухонь та барів, сільськогосподарських та харчових підприємств. Захисні покриття на основі полісечовини, виділяються багатосторонністю застосування, міцністю та довговічністю порівняно з будь-якими іншими видами покриттів. Матеріали цієї групи має два компоненти: багатофункціональний преполімер ізоціанату та суміш поліолів та амінів, склад якої змінюється в залежності від формули продукту та його кінцевого застосування. При змішуванні матеріалів за допомогою обладнання високого тиску при підвищеній температурі утворюється високоякісний полісечовинно-поліуретановий еластомер [10].

- екологічно безпечний матеріал;
- покриття чудово наноситься та характеризується високими фізичними властивостями;
- матеріали не містять розчинників та пластифікаторів, не має запаху;
- матеріал виконує функцію електроізолятора і тим самим запобігає іскроутворенню;
- матеріал забезпечує вирішення проблем, пов'язаних з корозією, зносом та гідроізоляцією;
- витримує експлуатаційну температуру до 180 ° C;

- висока температурна стійкість;
- висока зносостійкість покриття, що перевищує покриття з гуми, епоксидних смол;
- висока еластичність покриттів за низьких температур;
- загальні витрати при застосуванні покриття на основі полісечовини на 20% нижчі, ніж при використанні традиційних покриттів, що досягається за рахунок скорочення часу нанесення, а також за рахунок тривалішого терміну експлуатації, який на 30% перевищує термін експлуатації традиційних покриттів;
- висока швидкість реакції та затвердіння (можливість напилення на вертикальні поверхні), що надає високу швидкість технологічному процесу;
- має високу хімічну стійкість до агресивних середовищ і широкого діапазону впливів;
- одержувана поверхня немає стиків;
- не виділяє токсичних парів або летких органічних сполук;
- висока стійкість до вологи (відсутність спінювання та отворів);
- стійкість до стирання, кілька разів вища за звичайні еластомери;
- можливість застосування за низьких температур
- можливість покриття поверхонь складної форми та профілю тощо.

Склад полісечовини обумовлює її властивості та характеристики [10]:

- висока міцність та еластичність. Опір матеріалу на розрив становить близько 385 МПа. При цьому полімер відрізняється зносостійкістю, що перевершує норми для керамічної плитки для підлоги.
- до складу матеріалу не входять розчинники. Він є повністю твердим із 100% вмістом сухого залишку. Це дає можливість полісечовині відповідати найсуворішим вимогам безпеки та екологічним нормам.
- швидкість полімеризації, що становить 5 – 10 секунд, і висока реакційна активність речовини дозволяє розпорошувати покриття в різних умовах. При цьому вологість повітря не має значення, а температура має бути вищою за -28 °С. Вологість основи може впливати тільки на адгезію

Ине. № подп.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ	Лист
						127
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

плівки, але не на її якість. Починати експлуатацію можна за годину після напилення.

- полісечовина утворює монолітне безшовне полотно заданої товщини, в середньому від 0,4 мм за прохід. Покриття без потік наноситься на горизонтальні та вертикальні площини будь-якої конфігурації.
- плівка, що напилюється, вирішує проблеми, пов'язані із захистом від вологи, зносом і корозією.
- адгезія практично з усіма матеріалами, що застосовуються у будівництві. Винятки – фторопласт та тефлон.
- стійкість до дій різних хімічних речовин. Аліфатична полісечовина здатна протистояти руйнівному впливу УФ-випромінювання.
- пожежна безпека: матеріал практично не горить.
- широка гама кольорів покриття, що дозволяє використовувати його як фінішне оздоблення та декор.
- довговічність та ремонтпридатність полімерної плівки. Розрахунковий термін експлуатації до 50 років, результати дослідної експлуатації протягом 10 років засвідчили задовільний стан покриття.
- невелика маса: завдяки цій властивості гідроізоляція не створює значного навантаження на основу.

Загалом сьогодні поліуретанові системи, що напилюються, з високою швидкістю полімеризації вважаються вершиною еволюції захисних покриттів. Це найсучасніші покриття, що мають значні переваги за цілим комплексом показників.

Безшовний метод напилення полімерних покриттів має найвищий показник продуктивності при виконанні робіт, невибагливий до підготовки поверхні, дає можливість виконувати роботи в широкому діапазоні умов, як по температурі, так і по вологості.

Плісочовина має помірну хімічна стійкість. Концентровані мінеральні кислоти, а також деякі розчинники, такі як бензол, ацетон, толуол, антифриз, ксилол, гальмівна рідина руйнують полісечовинну плівку. Високоагресивні

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	термін експлуатації до 30 років, результати дослідної експлуатації протягом 10 років засвідчили задовільний стан покриття.	
					– невелика маса: завдяки цій властивості гідроізоляція не створює значного навантаження на основу.	
					Загалом сьогодні поліуретанові системи, що напилюються, з високою швидкістю полімеризації вважаються вершиною еволюції захисних покриттів. Це найсучасніші покриття, що мають значні переваги за цілим комплексом показників.	
					Безшовний метод напилення полімерних покриттів має найвищий показник продуктивності при виконанні робіт, невибагливий до підготовки поверхні, дає можливість виконувати роботи в широкому діапазоні умов, як по температурі, так і по вологості.	
Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Плісочовина має помірну хімічна стійкість. Концентровані мінеральні кислоти, а також деякі розчинники, такі як бензол, ацетон, толуол, антифриз, ксилол, гальмівна рідина руйнують полісечовинну плівку. Високоагресивні	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ	Лист 128

хімікати також руйнують матеріал. При цьому полімер відрізняється високою стійкістю до розчинів солей, розведеної кислоти та лугу, нафтопродуктів та стічних вод, що і визначає можливості його використання.

Складові для виробництва полісечовинної плівки є двома компонентами, так звані компоненти «А» і «Б», які поставляються в роздільній упаковці. Для виготовлення кожного із складових, що відбувається лише на спеціалізованих підприємствах, залежно від його рецептури використовується від 10 до 20 інгредієнтів.

Полісечовина може бути нанесена на основу лише за допомогою спеціального обладнання. Від моделі двокомпонентного дозатора безпосередньо залежить його продуктивність, тиск та потужність нагрівачів. Також важлива і комплектація приладу: наявність шлангів, що обігріваються, блоку рециркуляції і бочкових насосів, продуктивність компресора, марка пістолета-розпилювача. Загальна вартість комплекту із необхідними запасними частинами становить від 27 до 40 тисяч доларів залежно від виробника.

Таблиця 7.1 – Власивості полісечовини [10]

Час гелеутворення у шарі покриття	2 - 20 сек.
Час затвердіння	6 - 30 сек.
Час початку експлуатації	1 год
Міцність на розрив	до 30 МПа
Твердість по Шору(А)	до 98
Подовження до розриву	1200%
Водопоглинання за 24 год, %, не более	2,0
Водонепроникливість під тиском 0,3 МПа	Відсутність вологи на зворотній стороні зразка
Теплостійкість, °С, не нижче	150
Гнучкість при -50°С	Відсутність тріщин
Міцність зчеплення зі сталлю, МПа, не менше	7,0

7.2.2. Обладнання для нанесення плівки на основі полісечовини

Ине. № подп Подп. и дата Ине. № дубл. Взам. инв. № Подп. и дата						КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ Лист 129
	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

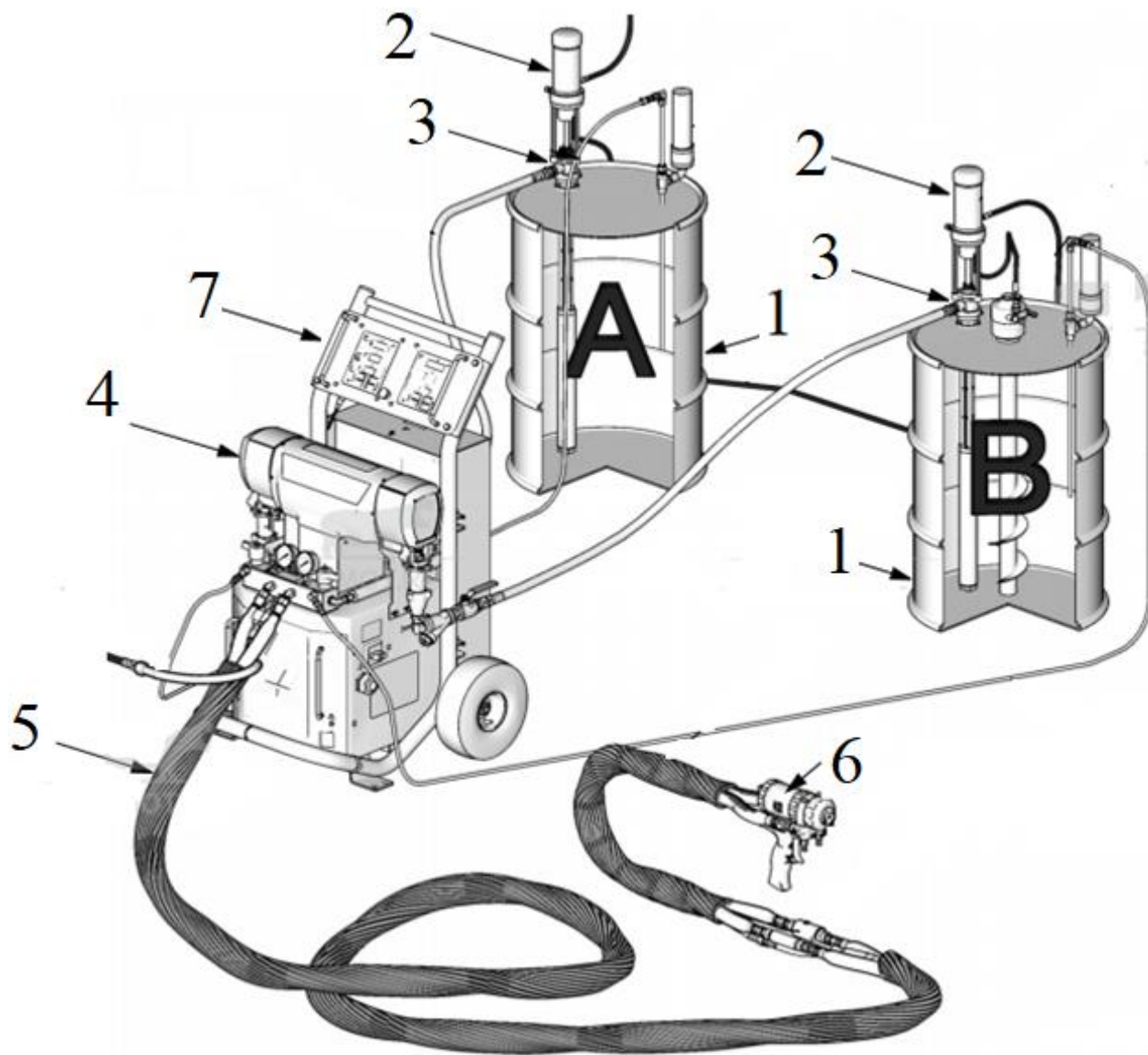


Рис 7.1 – Установка нанесения полісечовини: 1 – ємності з компонентами; 2 – насос високого тиску; 3 - підігрівач; 4 – дозатор високого тиску; 5 - гнучкий рукав до 90 м з підігрівом; 6 – пістолет для розпилення; 7- електронний контролер температури і тиску [9, 10].

Підігрівач (поз. 3, рис. 7.1) використовуються для нагрівання компонентів перед подачею у систему. Оптимальна температура нагріву становить 60–80 °С. Підігрів компонентів знижує їхню в'язкість, що покращує текучість і сприяє кращому змішуванню. Правильний підігрів є необхідним для забезпечення однорідності покриття та зменшення ризику утворення дефектів [9, 10].

Дозатор високого тиску (поз. 4, рис 7.1) відповідає за точне дозування компонентів у заданому співвідношенні. Це один із найважливіших вузлів

7.2.3.1. Нанесення покриття на метал

7.2.3.1.1. Підготовка поверхні

Перед нанесенням покриття необхідно ретельно підготувати поверхню металу. Це включає шліфування зварних швів, видалення забруднень, іржі та окалини. Один із найефективніших методів – очищення металу до чистої основи за допомогою піскострумінної абразивної обробки сталевим дробом, корундом або шлаковими матеріалами. Рівень очищення повинен відповідати ступеню 1 за ГОСТ 9.402 або Sa 2.5 за ISO 8501-1, а шорсткість поверхні – бути не меншою за Rz 60 мкм згідно з ГОСТ 25142 або ISO 8503-2 [28].

Температура металевої поверхні під час очищення та нанесення покриття повинна бути не менш ніж на 3°C вищою за точку роси. Після завершення обробки поверхня очищується від пилу за допомогою стисненого повітря або вакуумних пристроїв до відповідності стандартам ISO 8502-3 (еталон 2-3) [28].

Для підготовки великих металевих конструкцій ефективним методом є термоабразивне очищення. На відміну від традиційної обробки (30-50 м/с), воно забезпечує більшу швидкість абразивних частинок (150-300 м/с) і продуктивність до 40 м²/год. Суть технології полягає у використанні абразивної суміші (наприклад, річкового піску), яка під тиском близько 6 атм подається в камеру згоряння. Там вона нагрівається до 200°C, прискорюється та спрямовується на поверхню металу. Така обробка дозволяє не тільки очистити матеріал від оксидних нашарувань і старого покриття, а й водночас знежирити, підігріти та активувати його, що значно покращує адгезію нового покриття. Максимально допустимий час між очищенням та нанесенням покриття – 8 годин (при традиційній абразивній обробці цей показник не перевищує 3 годин) [28].

Якщо використання зазначених методів неможливе, допускається механічна обробка металу абразивними інструментами (наждачний папір або круги зернистістю №4-6). Цей спосіб дозволяє досягти ступеня очищення 4 за ГОСТ 9.402 або St2 за ISO 8501-1. Проте для забезпечення необхідної адгезії перед нанесенням покриття поверхню додатково ґрунтують спеціальними праймерами [28].

Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист 133
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ					

7.2.3.1.2. Знежирення

Після завершення очищення проводиться знежирення поверхні. Для цього застосовують такі розчинники, як нефрас, ацетон, ізопропіловий спирт, сольвент, ксилол або толуол. Процедура виконується з використанням м'якої бавовняної або лляної тканини, яка не залишає ворсинок. Далі поверхню висушують, очищають від пилу пирососом, наносять шар праймера, а після його висихання – фінішне покриття [28].

7.2.3.1.2. Нанесення полісечовини

Період між завершенням підготовки та нанесенням покриття не повинен перевищувати 2 годин за вологості повітря понад 80% і 3 годин – за меншої вологості. У разі перевищення цього терміну на поверхні може утворитися конденсат, який необхідно видалити шляхом нагрівання газовими пальниками або обдувом гарячим повітрям [28].

Критично важливим параметром є те, що температура металу повинна перевищувати точку роси щонайменше на 3°C. Полісечовинне покриття наноситься в один або кілька шарів. Якщо неможливе нанесення «мокре по мокрому», наступний шар слід наносити протягом 24 годин, інакше необхідне додаткове механічне шліфування попереднього шару.

Час полімеризації покриття до ступеня 3 при температурі $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ становить близько 3 хвилин. Через годину вироби можуть переміщуватися всередині виробничого цеху, а повноцінна експлуатація можлива через добу. Повне затвердіння покриття відбувається протягом 7 діб.

7.2.3.2. Види дефектів, способи їх упередження та усунення

Практика застосування полісечовинних покриттів показує, що навіть за тривалої безпроблемної експлуатації раптово можуть з'являтися дефекти, такі як утворення бульбашок, навіть у тих місцях, де раніше їх не було. Щоб забезпечити якісне та бездефектне покриття, необхідно розуміти причини їх виникнення.

Ив. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата		
Ив. № дубл.					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	
КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ					Лист 134

Основні фактори, що впливають на появу дефектів при нанесенні покриття, охоплюють такі аспекти [28]:

- справність обладнання (рівномірна подача компонентів, герметичність системи, чистота пістолета, правильний підбір змішувальної камери та сопла тощо).
- підготовка поверхні (відсутність забруднень, заповнення пор, правильний вибір праймера).
- технологія нанесення (досвід та кваліфікація оператора).
- якість сировини (відповідність системи до вимог, відсутність домішок, дотримання терміну зберігання).

Розглянемо вплив перелічених чинників окремо.

7.2.3.2.1. Вплив вологості

Один з основних чинників утворення дефектів – це підвищена вологість, яка реагує з ізоціанатним компонентом, спричиняючи виділення вуглекислого газу. Це призводить до утворення бульбашок, які можуть з'являтися через 4-24 години після нанесення покриття. Хоча полісечовина менш чутлива до вологості, ніж поліуретанові еластomers, порушення технології можуть призвести до проблем, таких як [28]:

- відхилення у співвідношенні компонентів;
- витікання ізоціанату через клапан або пістолет;
- неправильний вибір змішувальної камери та сопла;
- нанесення покриття на вологий праймер;
- висока вологість у пористих субстратах, як-от бетон чи цементна стяжка.

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ	Лист
						135
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

7.2.3.2.2. Забруднення поверхні (ефект тіні)

Порожнечі на поверхні покриття, що порушують його суцільність і є наслідком забруднення підкладки твердими частинками, через зовнішню схожість часто плутають з вищеописаними кратерами, що мають інше походження. Потрапляючи на таку тверду частинку, полімочевина, що швидко полімеризується, не здатна до повного обтікання перешкоди, що зустрілася. Утворюється незаповнений простір, подібний до тіні або сухої плями, що утворюється під парасолькою під час дощу. При наступному проході під тим самим кутом це «пляма» або «тінь» не зменшується в розмірах, наростає лише розмір і товщина «парасольки». Порожнечі, що утворюються, роблять покриття непридатним до експлуатації (рис.7.2) [28].

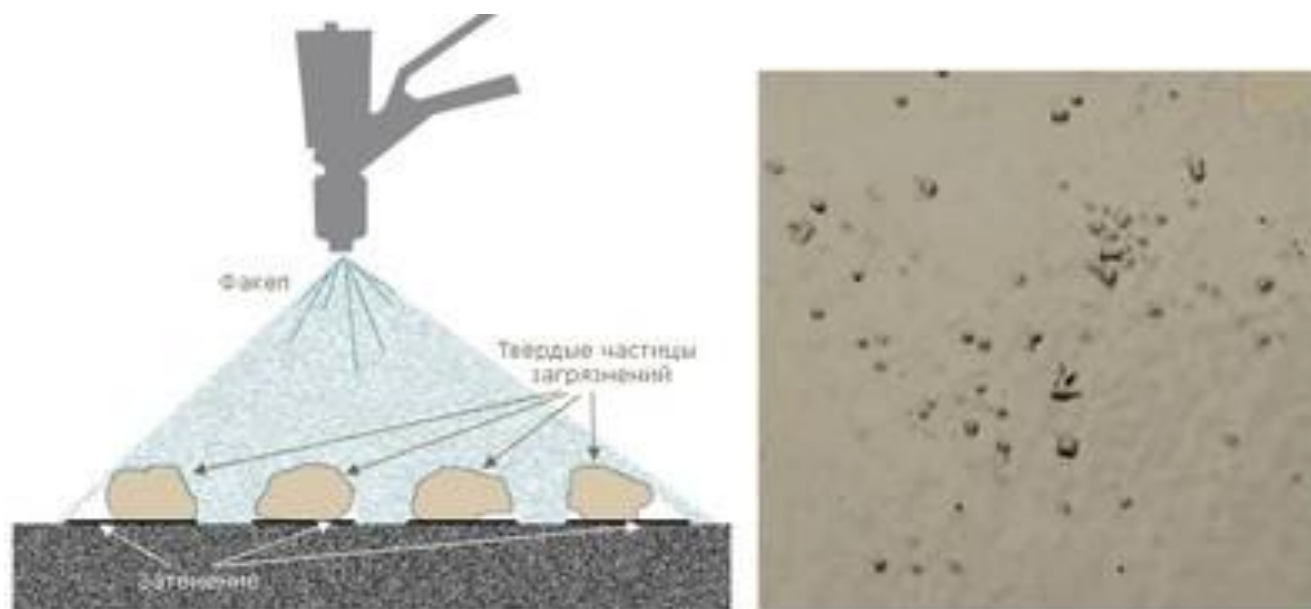


Рис. 2. Механізм і прояв «тіньового ефекту» на забрудненій поверхні [28]

Усунення проблеми. Одним із ключових завдань під час нанесення покриттів є уникнення так званого «тіньового ефекту». Цей феномен може виникати з різних причин, і кожна з них вимагає окремого підходу до виправлення.

- залишки матеріалу на зворотному боці поверхонь. Наприклад, краплі полісечовини, які осіли та затверділи на невидимій стороні труби, можуть стати причиною порушень при застосуванні антикорозійного захисту.

Инв. № подл.	Подп. и дата				
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
	Подп. и дата				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	Лист 137
КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ					



Рис. 2. Механізм і прояв «теньового ефекту» на забрудненій поверхні [28]

Усунення проблеми. Одним із ключових завдань під час нанесення покриттів є уникнення так званого «тіньового ефекту». Цей феномен може виникати з різних причин, і кожна з них вимагає окремого підходу до виправлення.

– залишки матеріалу на зворотному боці поверхонь. Наприклад, краплі полісечовини, які осіли та затверділи на невидимій стороні труби, можуть стати причиною порушень при застосуванні антикорозійного захисту.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

- | | | | | | | |
|----|------|----------|-------|-----|--------------------------|------|
| | | | | | КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 138 |
| Ли | Изм. | № докум. | Подп. | Дат | | |

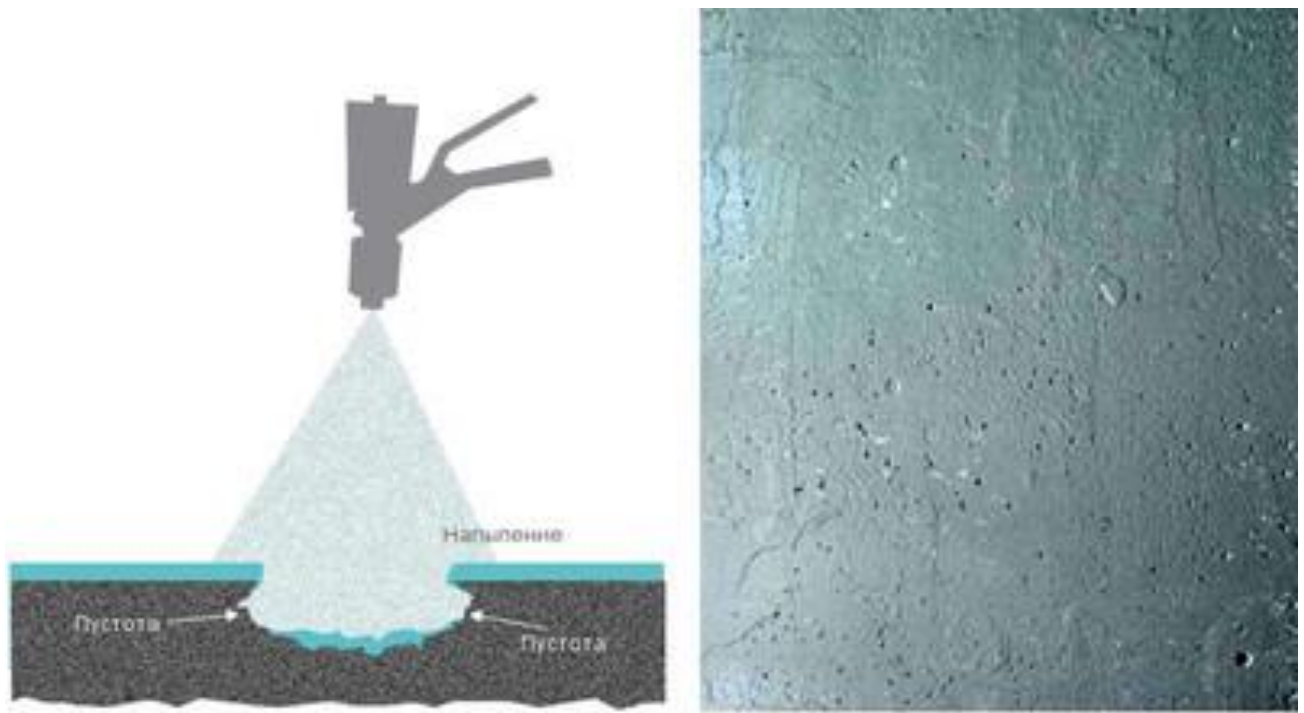


Рис. 7.3 - Механізм та прояв «тіньового ефекту» на поверхні з раковинами [28]

7.2.3.2.3. Температурний чинник

Вплив температури може призводити до утворення бульбашок у товщі покриття, зокрема між його окремими шарами. Це явище пов'язане з тим, що другий і наступні шари мають вищу температуру порівняно з першим, який не встигає повністю затвердіти через значний теплообмін із холодною основою. У цьому випадку перший шар виконує роль теплового ізолятора між основою та другим шаром. В результаті другий шар нагрівається сильніше і полімеризується швидше. Між недостатньо затвердженим першим шаром і більш твердим другим шаром виникає внутрішнє напруження, що проявляється у вигляді усадкової деформації або бульбашок [28].

Така ситуація може спостерігатися під час напilenня покриття на масивну та дуже холодну сталеву деталь, однак такий ефект не характерний для чистої полісечовини. Якщо подібне явище відбувається, це може свідчити про те, що використана система не є чистою полісечовиною, а швидше гібридним матеріалом або поліуретаном. Незважаючи на це, температурний фактор може

Ив. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подп.
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ		Лист
							139

негативно впливати навіть на покриття з полісечовини, проявляючись у вигляді так званого «ефекту холодної стінки» [28].

Через значний температурний градієнт між внутрішньою та зовнішньою поверхнями резервуарів, ємностей або конструкцій можуть з'являтися численні бульбашки між поверхнею та облицюванням. Це явище часто виникає після запуску об'єктів в експлуатацію, коли температура зовнішньої поверхні істотно нижча за внутрішню. Прикладом може бути сталевий бак без зовнішньої теплоізоляції, заповнений гарячою водою. Температурний градієнт всередині та зовні ємності спричиняє осмотичне проникнення водяних парів крізь шар облицювання до холодної стінки, де вони конденсуються, утворюючи бульбашки під покриттям у місцях найменшої адгезії з металом. Чим більший температурний градієнт, тим більша кількість і розмір бульбашок, які часто наповнені водою (рис. 7.4) [28].

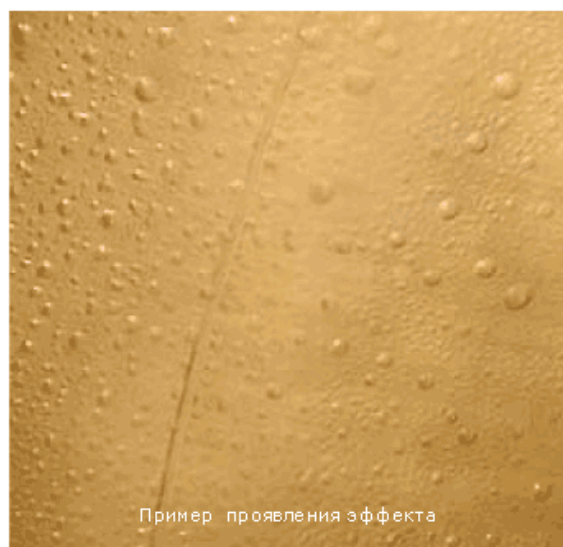
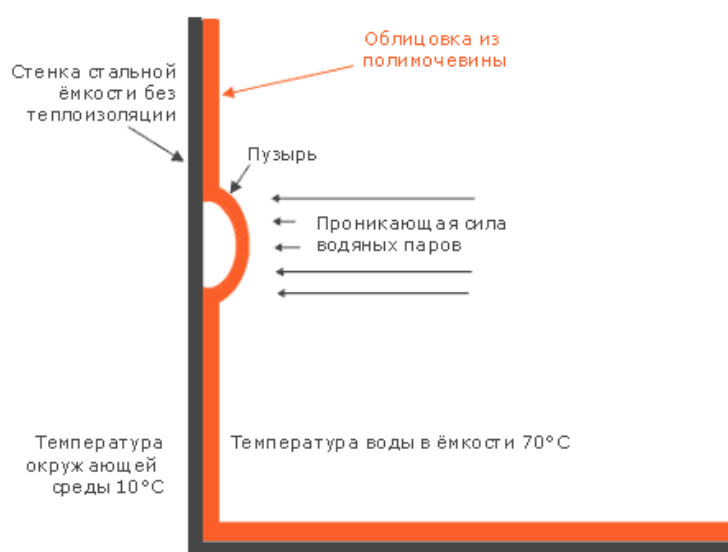


Рис. 7.4 - Схема проявлення «ефекта холодної стінки» [28]

Аналогічне явище може спостерігатися при застосуванні напілюваних полімерних покриттів на холодній стороні паропроникної стінки, якщо протилежна сторона піддається впливу теплого вологого повітря, наприклад, у харчовій промисловості, пральнях тощо [28].

Инв. № подл.	Подп. и дата				
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
	Подп. и дата				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ
					Лист
					140

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

ИНВ. № 1

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ

Лист
142

F

7.2.3.3.3. Складові контролю якості

Контроль якості робіт включає три основні етапи:

- вхідний контроль: перевірка робочої документації, конструкцій, матеріалів та обладнання.
- операційний контроль: моніторинг окремих операцій під час ремонтних робіт покрівлі.
- приймальний контроль: оцінка готової покрівлі.

7.2.3.3.4. Вхідний контроль документації

Під час вхідного контролю робочої документації перевіряється її комплектність та достатність технічної інформації для виконання робіт.

7.2.3.3.5. Вхідний контроль матеріалів та конструкцій

При вхідному контролі конструкцій, виробів, матеріалів та обладнання проводиться зовнішній огляд на відповідність стандартам, нормативним документам та робочій документації. Також перевіряється наявність паспортів, сертифікатів та інших супровідних документів.

7.2.3.3.6. Операційний контроль

Операційний контроль здійснюється під час виконання ремонтних робіт і спрямований на своєчасне виявлення дефектів та заходів щодо їх усунення та запобігання.

7.2.3.3.7. Фіксація результатів контролю

Результати операційного контролю фіксуються в журналі робіт. Основним нормативним документом для операційного контролю є вимоги СНіП 3.04.01-87 «Ізоляційні та оздоблювальні покриття».

7.2.3.3.8. Лабораторний контроль матеріалів

При надходженні матеріалів на об'єкт їх зразки перевіряються в лабораторії на відповідність фізико-механічних показників паспортним даним.

Ине. № подл.	Подп. и дата					
Ине. № дубл.	Взам. инв. №					
Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ	Лист
						144

Матеріали можна розміщувати на даху лише в місцях, передбачених проектом виробництва робіт, з дотриманням заходів проти їх падіння, включаючи вплив вітру. Не допускається зберігання або накопичення матеріалів у кількості, що перевищує потреби для роботи на конкретній ділянці.

7.2.3.4.6. Заборонені умови для робіт

Виконання робіт заборонено під час гололеду, туману, який обмежує видимість у межах фронту робіт, грози або вітру швидкістю 15 м/с і більше.

7.2.3.4.7. Заборона заготівлі елементів на робочому місці

Заготівля елементів і деталей безпосередньо на робочому місці не допускається.

7.2.3.4.8. Вимоги до працівників

До роботи з улаштування покриття допускаються особи не молодші 18 років, які мають професійні навички, пройшли навчання безпечним методам праці та отримали відповідні посвідчення.

7.2.3.4.9. Забезпечення засобами захисту

Працівники, зайняті на улаштуванні покриттів, мають бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту в обсязі, що відповідає встановленим нормам.

7.2.3.4.10. Медичне забезпечення

На місцях проведення робіт має бути питна вода та аптечка для надання першої медичної допомоги.

7.2.3.4.11. Огородження території

У разі відсутності зовнішніх лісів місце, на якій проводяться ремонтні роботи, має бути огорожена для запобігання доступу людей у зону можливого падіння матеріалів, інструментів, тари тощо.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	та отримали відповідні посвідчення.				
					7.2.3.4.9. Забезпечення засобами захисту				
					Працівники, зайняті на улаштуванні покриттів, мають бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту в обсязі, що відповідає встановленим нормам.				
					7.2.3.4.10. Медичне забезпечення				
					На місцях проведення робіт має бути питна вода та аптечка для надання першої медичної допомоги.				
Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	7.2.3.4.11. Огородження території				
					У разі відсутності зовнішніх лісів місце, на якій проводяться ремонтні роботи, має бути огорожена для запобігання доступу людей у зону можливого падіння матеріалів, інструментів, тари тощо.				
					КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ				
					Лист				
					146				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат					

7.2.3.4.12. Прибирання робочої зони

Після закінчення зміни або на час перерв у роботі всі залишки матеріалів, пристосувань, інструментів та сміття мають бути прибрані з робочого місця.

7.2.3.5. Пожежна та екологічна безпека

7.2.3.5.1. Засоби пожежогасіння

Місця проведення покрівельних робіт мають бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння відповідно до вимог правил пожежної безпеки.

7.2.3.5.2. *Відповідальна особа*

На об'єкті має бути призначена особа, відповідальна за збереження та готовність до використання первинних засобів пожежогасіння.

7.2.3.5.3. Навчання працівників

Усі працівники мають вміти користуватися первинними засобами пожежогасіння.

7.2.3.5.4. Підготовка території

Перед початком ремонтних робіт територія об'єкта має бути підготовлена з визначенням місць установки тимчасових приміщень, складування матеріалів та легкозаймистих речовин.

7.2.3.5.5. Протипожежні двері та виходи

Протипожежні двері та виходи на дах мають бути справними і під час робіт зачинені. Забороняється їх замикати. Проходи та підходи до евакуаційних виходів та стаціонарних пожежних драбин мають бути завжди вільними.

7.2.3.5.6. Утилізація матеріалів

Під час ремонту покрівлі знімаємий покрівельний матеріал має бути вивезений на спеціально підготовлену площу. Забороняється влаштовувати сміттєзвалища горючих відходів на території будівництва.

7.2.3.5.7. Залишення матеріалів

Після закінчення робочої зміни забороняється залишати рулонні покрівельні матеріали, горючі утеплювачі та інші горючі матеріали всередині будівлі, на покриттях або у протипожежних розривах.

7.2.3.5.8. Зберігання горючих матеріалів

Покрівельні матеріали, горючі утеплювачі та інші горючі речовини, що використовуються під час робіт, слід зберігати поза будівлею у окремо розташованому спорудженні або на спеціальній площадці.

7.2.3.5.9. Концентрація шкідливих речовин

Вміст шкідливих речовин у робочій зоні не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій.

7.3. Розрахунок процесу наплення захисного покриття полісечовини

Спіраль класифікатора має складну форму. Загальна площа, що підлягає покриттю становить 188 м² (див. Частину II).

Проведемо розрахунок технології нанесення покриття з полісечовини.

Як біло зазначено у п.7.2.3, технологічна послідовність складається з чотирьох етапів, для який виконаємо розрахунок витратних матеріалів, часу виконання та людських ресурсів.

7.3.1. Етап 1: Піскоструминна обробка поверхні

Вхідні дані:

- площа поверхні: $S = 180 \text{ м}^2$;

Инв. № подл	Подп. и дата		Инв. № дубл.	Взам. инв. №		Подп. и дата
допустимих концентрацій.						
7.3. Розрахунок процесу напилення захисного покриття полісечовини						
Спіраль класифікатора має складну форму. Загальна площа, що підлягає покриттю становить 188 м² (див. Частина II).						
Проведемо розрахунок технології нанесення покриття з полісечовини.						
Як біло зазанчено у п.7.2.3, технологічна послідовність складається з чотирьох етапів, для який виконаємо розрахунок витратних матеріалів, часу виконання та людських ресурсів.						
7.3.1. Етап 1: Піскоструминна обробка поверхні						
Вхідні дані:						
- площа поверхні: S = 180 м²;						
					Лист	
					148	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ	

У розрахунку було використано дані для піскоструминної установки середнього класу марки Graco DH Line , яка має наступні технічні характеристики:

- продуктивність піскоструминної установки: $Q_{\text{п}} = 5 \text{ м}^2/\text{год}$ (значення взято для середньої продуктивності при стандартних умовах).;
- витрата абразивного матеріалу (кварцевий пісок): $M_{\text{а}} = 0,5 \text{ кг/м}^2$;
 - Вартість кварцевого піску: $C_{\text{кп}} = 8 \text{ грн/кг}$;
- потужність компресора: $N_{\text{к}} = 7,5 \text{ кВт}$;
- ККД компресора: $\eta = 0,8$;
- вартість електроенергії згідно тарифу на передачу електроенергії для непобутових споживачів (з 1.01.2025 по теперішній час) $C_{\text{е}} = 686,23 \text{ грн. за } 1 \text{ МВт}\cdot\text{год.}$, без ПДВ;
- вартість розподілу електроенергії для непобутових споживачів з 1 січня 2025 року АТ "ДТЕК Дніпровські електромережі" 1 клас напруги $C_{\text{ре}} = 252,89 \text{ грн. за } 1 \text{ МВт}\cdot\text{год.}$, без ПДВ;
- кількість працівників: 1 оператор;
- заробітня платня: $Z_{\text{ц}} = 200 \text{ грн/год.}$

Розрахунок.

1. Час обробки першого етапу, год

$$t_1 = \frac{S}{Q_r} = \frac{188}{5} = 37,6. \quad (7.1)$$

2. Витрата абразивного матеріалу, кг:

$$M_{\text{зар}} = S \cdot M_{\text{а}} = 188 \cdot 0,5 = 94. \quad (7.2)$$

3. Витрата електроенергії, кВт год:

$$E_1 = \frac{N_{\text{компл}} \cdot t_1}{n} = \frac{7.5 \cdot 37,6}{0.8} = \frac{1.5 \cdot S}{0.8} = 352,5 \quad (7.3)$$

4. Вартість електроенергії, грн:

$$C_{1e} = E_1 \cdot \left(\frac{C_e + C_{pe}}{1000} \right) = 352,5 \cdot \frac{686,23 + 252,86}{1000} = 331,03. \quad (7.4)$$

5. Витрата на заробітню платню, грн

$$C_{1_{2\pi}} = t_1 \cdot 3_n = 37,6 \cdot 200 = 7520. \quad (7.5)$$

Підп. і дата	– заробітня платня: $Z_{\text{п}} = 200$ грн/год. Розрахунок. 1. Час обробки першого етапу, год $t_1 = \frac{S}{Q_{\text{п}}} = \frac{188}{5} = 37,6. \quad (7.1)$ 2. Витрата абразивного матеріалу, кг: $M_{\text{заг}} = S \cdot M_{\text{а}} = 188 \cdot 0,5 = 94. \quad (7.2)$ 3. Витрата електроенергії, кВт год: $E_1 = \frac{N_{\text{комп}} \cdot t_1}{\eta} = \frac{7,5 \cdot 37,6}{0,8} = \frac{1,5 \cdot S}{0,8} = 352,5 \quad (7.3)$ 4. Вартість електроенергії, грн: $C_{1\text{е}} = E_1 \cdot \left(\frac{C_{\text{е}} + C_{\text{ре}}}{1000} \right) = 352,5 \cdot \frac{686,23 + 252,86}{1000} = 331,03. \quad (7.4)$ 5. Витрата на заробітню платню, грн $C_{1\text{зп}} = t_1 \cdot Z_{\text{п}} = 37,6 \cdot 200 = 7520. \quad (7.5)$			
Взам. инв. №				
Ине. № дубл.				
Підп. і дата				
Ине. № подл				

					КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		149

6. Загальні витрати на перший етап, грн

$$C_1 = 1,2 \cdot (C_{1e} + C_{1zn} + C_{кп} \cdot M_a) = 1,2 \cdot (331,03 + 7520 + 8 \cdot 94) = 10323. \quad (7.6)$$

7.3.2. Етап 2: Знежирювання поверхні

Вхідні дані:

- витрата знежирювального засобу: $M_{zn} = 0.2 \text{ л/м}^2$,
- вартість знежирювального засобу: $C_{zn} = 80 \text{ грн/л}$;
- витрата часу на протирання: $t_{zn} = 0,25 \text{ год/м}^2$,
- кількість працівників: 1 людина.
- заробітня платня: $З_{п} = 50 \text{ грн/год}$.

Розрахунок

1. Час обробки другого етапу, год

$$t_2 = S \cdot t_{zn} = 188 \cdot 0,25 = 47. \quad (7.7)$$

2. Витрата знежирювального засобу, кг:

$$M_{zn_заг} = S \cdot M_{zn} = 188 \cdot 0.2 = 37,6. \quad (7.8)$$

3. Вартість знежирювального засобу, грн

$$C_{zn_заг} = C_{zn} \cdot M_{zn_заг} = 80 \cdot 37,6 = 3008. \quad (7.9)$$

Оскільки час між знежирюванням та нанесенням покриття має бути мінімальний, не більшим за 12 год, задіємо 4 працівників, щоб час знежирювання склав 11,75 год

4. Загальні витрати на другий етап, грн

$$C_2 = 1,2 \cdot (C_{zn_заг} + З_{п} \cdot 4 \cdot t_2 / 4) = 1,2 \cdot (3008 + 50 \cdot 4 \cdot 47 / 4) = 6429,6. \quad (7.10)$$

7.3.3. Етап 3: Сушіння поверхні

Вхідні дані:

- температура сушіння: $T = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- час сушіння: $t_{суш} = 0.5 \text{ год}$;
- потужність теплової установки: $N_{суш} = 3 \text{ кВт}$;

Підп. і дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Підп. і дата		Инв. № подл.	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ				Лист
									150

$$m_{nc} = V_{nc} \cdot \rho \cdot w = 0,94 \cdot 1200 \cdot 0,8 = 902,4. \quad (7.15)$$

3. Час нанесення, год:

$$t_4 = \frac{S}{v_{nn}} = \frac{188}{4} = 47. \quad (7.16)$$

4. Вартість електроенергії, грн:

$$C_{4e} = N_{II} \cdot t_4 \cdot \left(\frac{C_e + C_{pe}}{1000} \right) = 5 \cdot 47 \cdot \left(\frac{686,23 + 252,86}{1000} \right) = 220,69. \quad (7.17)$$

5. Вартість етапу, грн:

$$C_4 = 1,2 \cdot (2 \cdot Z_n \cdot t_4 + C_{4e} + m_{nc} \cdot C_n) = 1,2 \cdot (2 \cdot 250 \cdot 47 + 220,69 + 902,4 \cdot 250) = 249320,69. \quad (7.18)$$

Результати розрахунку зведено у таблицю 7.1

Таблиця 7.1 – Кошторис на нанесення полісечовини

№	Витрата	Вартість
1	Етап I	
1.1	Вартість матеріалів	752
1.2	Вартість електроенергії	331,03
1.3	Заробітня платня	7520
	Загалом	10323
2	Етап II	
2.1	Вартість матеріалів	3008
2.2	Вартість електроенергії	-
2.3	Заробітня платня	2350
	Загалом	6429,6
3	Етап III	
3.1	Вартість матеріалів	-
3.2	Вартість електроенергії	1,57
3.3	Заробітня платня	25
	Загалом	31,88
4	Етап IV	
4.1	Вартість матеріалів	225600
4.2	Вартість електроенергії	220,69
4.3	Заробітня платня	23500
	Загалом	249320,69
	Фінальна вартість	266105,17

Ине. № подп. Подп. и дата Ине. № дубл. Взам. инв. № Подп. и дата						КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ Лист 152
	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	

Висновки до частини III

1. Розроблено технологічні схеми ремонту спіралі класифікатора 2КСН-30.
2. Розроблені заходи діагностики стану вузлів класифікатора без його зупинки та наведено ознаки граничного або аварійного зношення.
3. Розроблено етапи підготовчих заходів класифікатора спірального до ремонтних робіт
4. Розроблено загальну схему ремонту спіралі класифікатора.
5. Розроблено технологію розбирання спіралі класифікатора. Визначено перелік інструменту, що потребує розбирання.
6. Розроблено технологію миття спіралі класифікатора та її окремих деталей.
7. Розроблено технологію дефектації вузлів спіралі класифікатора та сворено їх дефектні карти.
8. Розроблено технологію збирання спіралі класифікатора.
9. Проведено аналіз зношування спіралі класифікатора. Встановлено, що основними видами зношування деталей спіралі є гідроабразивне та корозійне зношування.
10. Запропоновано використання захисного покриття з полісечовини.
11. Розроблено технологію нанесення захисного покриття з полісечовини на поверхню спіралі. Розглянуті види дефектів нанесення покриття, способи їх упередження та усунення.
12. Розроблено заходи контролю якості та приймання робіт.
13. Розроблено заходи техніки безпеки і охорона праці.
14. Розрахована фінальна вартість робіт з нанесення полісечовини на спіраль класифікатора складе 266105,17 грн.
15. Строк виконання усіх робіт робіт 96,1 год на одну спіраль.

Інв. № подл	Подп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Подп. і дата	основними видами зношування деталей спіралі є гідроабразивне та корозійне зношування.
Інв. № подл	Подп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Подп. і дата	10.Запропоновано використання захисного покриття з полісечовини.
Інв. № подл	Подп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Подп. і дата	11.Розроблено технологію нанесення захисного покриття з полісечовини на поверхню спіралі. Розглянуті види дефектів нанесення покриття, способи їх упередження та усунення.
Інв. № подл	Подп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Подп. і дата	12.Розроблено заходи контролю якості та приймання робіт.
Інв. № подл	Подп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Подп. і дата	13.Розроблено заходи техніки безпеки і охорона праці.
Інв. № подл	Подп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Подп. і дата	14.Розрахована фінальна вартість робіт з нанесення полісечовини на спіраль класифікатора складе 266105,17 грн.
Інв. № подл	Подп. і дата	Інв. № дубл.	Взам. інв. №	Подп. і дата	15.Строк виконання усіх робіт робіт 96,1 год на одну спіраль.
Лп	Изм.	№ докум.	Підп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ
					153

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз конструкції спірального класифікатора 2КСН-30 з незануреною спіраллю, який призначено для поділу рудних, нерудних та сипких матеріалів у водному середовищі на дві фракції різної крупності;
2. Проведено аналіз продуктивності спірального класифікатора. Встановлено, продуктивність спірального класифікатора 2КСН-30 по зливу прямо квадратично залежить від фактичного вмісту твердого у зливі класифікатора та вмісту класу $-0,074$ мм у зливі класифікатора. Причому за нормальних умов роботи класифікатора при фактичному вмісті твердого у зливі класифікатора $T_{\text{зл}} = 36\%$ та вмісту класу $-0,074$ мм у зливі класифікатора $T_{0,074} = 55\%$, продуктивність по зливу складе $98,5$ т/год, що дещо менше за паспортну;
3. Проведено аналіз потрібної потужності на валу спіралі. Встановлено, що потрібна потужність на спіралі класифікатора прямо лінійно залежить від частоти обертання спіралей та прямо логарифмічно залежить від крупності матеріалу у пісках. Враховуючі, що крупність матеріалу пісків після млина зазвичай становить від $0,4$ до $0,074$ мм з досвіду експлуатації, то потрібна потужність на спіралі має бути у межах від $18,3$ кВт до $36,7$ кВт.
4. Проведено аналіз навантаження на витки спіралі класифікатора від транспортованих пісків. Встановлено, що навантаження на витки спіралі класифікатора, прямо лінійно залежить від щільності пісків та їх коефіцієнту тертя об футерівку. Так, зусилля на спіралі залежно від коефіцієнту тертя від $0,2$ до $0,4$ змінюється від 22 кН до 34 кН для твердого щільністю 3000 г/м³, що відповідає подрібненій залізній руді з порожніми породами.
5. Проведено аналіз міцності спіралі класифікатора на основу комп'ютерного моделювання. Встановлено, що найнавантаженішою деталлю у спіралі є стійки кріплення секторів спіралі. Максимальне напруження на стійках становить вантаження 37 МПа, що 9 разів менше за критичне. Напруження

Инв. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.
--------------	--------------	--	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

на інших ділянках спіралі значно менші, отже і запас міцності там ще більший. Таким чином, можна стверджувати, що конструкція спіралі достатньо міцна.

- 13.Через те, що спіраль працює у дуже агресивному середовищі (пульпа з вмістом дрібних абразивних часточок та розчинів солей) вона піддається інтенсивному зношенню – корозійному та гідроабразивному;
- 14.Для захисту робочої кромки спіралі використовують футерувальні плити, які виготовляються з трьох видів матеріалів – гуми, чавуну та марганцевистої сталі. Сталь та чівун мають високу власну вагу та сприяють збільшенню питомої потужності для обертання спіралі. Отже, основним недоліком базової конструкції спіралі класифікатора є недосконалість її футерування.
- 15.Визначено характер стирання спіралі класифікатора під дією гідроабразивного зношування на основі комп'ютерного моделювання за допомогою модуля FlowSimulation.
- 16.Встановлено, що течія пульпи більша по периметру витка спіралі і більша зпереду поверхні витка. Течія біля задньої поверхні витка менш інтенсивна. Інтенсивність стирання розповсюджується не тільки на область футерувальних плит, а і вище безпосередньо до самих секторів спіралі. Це означає можливе стирання не тільки футерувальних плит, а і металу самих секторів. Отже, потрібно захищати не тільки периметр спіралі, де в основному зосереджено футерування, а загалом усю поверхню спіралі.
- 17.Для футерування спіралі планується використовувати поліуретан та полісечовину. Проаналізовано фізико-механічні властивості цих полімерів з точки зору стираності. Встановлено, що стираність поліуретану у 3-6 разів нижча за гуму, а полісечовини у 7-15 разів нижча за гуму. Проте вартість поліуретану 1,5-3 рази вища за гуму, а полісечовини – у 4-5 разів вища за гуму.
- 18.Встановлено, що гума має високу гнучкість, але швидше стирається при високих навантаженнях, вона гнучка, добре поглинає удари, але може стиратися при великих навантаженнях.

Інв. № подл	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	зпереду поверхні витка. Течія біля задньої поверхні витка менш інтенсивна. Інтенсивність стирання розповсюджується не тільки на область футерувальних плит, а і вище безпосередньо до самих секторів спіралі. Це означає можливе стирання не тільки футерувальних плит, а і металу самих секторів. Отже, потрібно захищати не тільки периметр спіралі, де в основному зосереджено футерування, а загалом усю поверхню спіралі.
					17.Для футерування спіралі планується використовувати поліуретан та полісечовину. Проаналізовано фізико-механічні властивості цих полімерів з точки зору стираності. Встановлено, що стираність поліуретану у 3-6 разів нижча за гуму, а полісечовини у 7-15 разів нижча за гуму. Проте вартість поліуретану 1,5-3 рази вища за гуму, а полісечовини – у 4-5 разів вища за гуму.
Інв. № подл	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	18.Встановлено, що гума має високу гнучкість, але швидше стирається при високих навантаженнях, вона гнучка, добре поглинає удари, але може стиратися при великих навантаженнях.
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ

19. Встановлено, що поліуретан демонструє найкраще співвідношення міцності та стираності, що робить його ідеальним для деталей, що піддаються сильному зносу, висока зносостійкість, добре працює при високих навантаженнях та ударах;

20. Встановлено, що полісечовина має найменшу стиранність, особливо при поєднанні з армуванням, і відмінно працює в агресивних середовищах, відмінна хімічна та абразивна стійкість, хороша еластичність.

21. Встановлено вартість футерування спіралі пропонованими полімерами. Так вартість футерування поліуретаном менша у 1,2 рази за гуму, а полісечовиною – у 2,16 разів вища за гуму.

22. Встановлено, що вартість капітальних ремонтів для поліуретанового футерування у 1,8 разів дешевша ніж при застосування гумового футерування.

23. Встановлено, що при застосуванні комбінованого футерування з покриттям полісечовиною, вартість капітальних ремонтів для комбінації гума + полісечовина у 1,9 рази дешевша ніж при футерування тільки гумою і для комбінації поліуретан + полісечовина у 1,2 рази дешевша ніж при футерування тільки поліуретаном.

24. Встановлено, що використання полісечовини, попри дороговизни обладнання і покриття, може зменшити вартість експлуатації спірального класифікатора у 1,2-1,9 разів.

16. Розроблено технологічні схеми ремонту спіралі класифікатора 2КСН-30.

17. Розроблені заходи діагностики стану вузлів класифікатора без його зупинки та наведено ознаки граничного або аварійного зношення.

18. Розроблено етапи підготовчих заходів класифікатора спірального до ремонтних робіт

19.Розроблено загальну схему ремонту спіралі класифікатора.

20.Розроблено технологію розбирання спіралі класифікатора. Визначено перелік інструменту, зщо потрібне розбирання.

21. Розроблено технологію миття спіралі класифікатора та її окремих деталей.

22. Розроблено технологію дефектації вузлів спіралі класифікатора та створено

Полп. и дата	комбінації поліуретан + полісечовина у 1,2 рази дешевша ніж при футерування тільки поліуретаном.					
	Взам. инв. №	24.Встановлено, що використання полісечовини, попри дороговизни обладнання і покриття, може зменшити вартість експлуатації спірального класифікатора у 1,2-1,9 разів.				
Инв. № дубл.		16.Розроблено технологічні схеми ремонту спіралі класифікатора 2КСН-30.				
	Полп. и дата	17.Розроблені заходи діагностики стану вузлів класифікатора без його зупинки та наведено ознаки граничного або аварійного зношення.				
Инв. № подл		18.Розроблено етапи підготовчих заходів класифікатора спірального до ремонтних робіт				
	Полп. и дата	19.Розроблено загальну схему ремонту спіралі класифікатора.				
Инв. № подл		20.Розроблено технологію розбирання спіралі класифікатора. Визначено перелік існтументу, зщо потркбує розбирання.				
	Полп. и дата	21.Розроблено технологію миття спіралі класифікатора та її окремих деталей.				
Инв. № подл		22.Розроблено технологію дефектації вузлів спіралі класифікатора та сворено				
	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ

їх дефектні карти.

23.Розроблено технологію збирання спіралі класифікатора.

24.Проведено аналіз зношування спіралі класифікатора. Встановлено, що основними видами зношування деталей спіралі є гідроабразивне та корозійне зношування.

25.Запропоновано використання захисного покриття з полісечовини.

26.Розроблено технологію нанесення захисного покриття з полісечовини на поверхню спіралі. Розглянуті види дефектів нанесення покриття, способи їх упередження та усунення.

27.Розроблено заходи контролю якості та приймання робіт.

28.Розроблено заходи техніки безпеки і охорона праці.

29.Розрахована фінальна вартість робіт з нанесення полісечовини на спіраль класифікатора складе 266105,17 грн.

30.Строк виконання усіх робіт робіт 96,1 год на одну спіраль.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	КНУ.РБ.133.21.183с.02 ПЗ					Лист
										157