**УДК 622.732+622.742**

**КП 29.52.40.330**

**Інв. № ОБ-11-07**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ (КПІ)**

**ІНСТИТУТ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ**

**03056, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, корпус 22**

**тел. 241-76-27**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

**“Електромеханічне обладнання**

**енергоємних виробництв”**

**д.т.н., проф. Шевчук С.П.**

**“\_\_\_\_”\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2014р.**

**ЗВІТ**

**на тему “Розрахунок технології та вибір техніки дробарко-сортувального заводу продуктивністю 250 тис.м3/рік”**

**з курсу “Техніка та технологія переробки гірських порід”**

**Частина 9**

**Керівник**

**Д.т.н., проф. Терентьєв О.М.**

**Виконавець**

**Студент гр. ОБ-11 Прит Д.С.**

**Київ 2015**

**РЕФЕРАТ**

Звіт про виконання курсової роботи: 62 сторінок; 4 таблиць;

5 додатків; 9 джерел інформації.

Об’єкт дослідження – технологічний процес переробки гірничої маси на щебінь товарних фракцій та піску.

Мета роботи – розрахунок технології та вибір обладнання дробарно-сортувального заводу (ДСЗ) продуктивністю 250 тис. м3/рік готової продукції з вихідної гірничої маси.

Методи дослідження та апаратура – аналіз результатів розрахунків степеню подрібнення, виходу продукту, ефективності і продуктивності операцій ДСЗ; калькулятор Citizen SR-260.

Результати дослідження та їх новизна. В результаті розраховано технологію ДСЗ та отримано щебінь фракцій 5…10 мм - 24,3%; 10…20 мм – 34,3%;

20…40 мм – 16,6%. Новизна – використання попереднього грохочення та утилізація відходів.

Ступінь впровадження – передпроектні розрахунки.

Взаємозв’язок з іншими роботами – математика, фізика, гірнича справа.

Галузь застосування – гірництво.

Прогнозні припущення про розвиток об’єкту дослідження або розроблення –

розрахована технологія та вибране обладнання для ДСЗ.

Ключові слова – ДСЗ, дробарка, грохот, подрібнення, щебінь, пісок.

**ЗМІСТ**

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів

7.1 Обґрунтування доцільності реконструкції ДСЗ та узгодження ДСЗ за продуктивністю

7.2 Визначення споживачів і їх вимог до готової продукції

7.3 Вибір і обґрунтування технологічної схеми ДСЗ

7.4 Режим роботи ДСЗ

7.5 Визначення виробничої потужності заводу за вихідною сировиною

7.6 Розрахунок якісно-кількісної схеми з використанням ПОМ або без неї

7.7 Вибір і розрахунок обладнання для реалізації технології ДСЗ

7.7.1 Вибір дробарного обладнання

7.7.2 Вибір грохотів

7.7.3 Розрахунок дробарного обладнання

7.7.4 Розрахунок грохотів

7.8 Вибір та розрахунок обладнання для промивання

7.9 Джерела для промивання готової продукції і організація замкнутої циркуляції води

7.10 Вибір конвеєрів для забезпечення технології ДСЗ

7.11 Хвостосховища і склади готової продукції

7.12 Утилізація відходів і відвантаження готової продукції

Висновки

Практичні рекомендації

Перелік посилань

Додатки

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

вкл. – включно;

в.о. – відносна одиниця;

вул. – вулиця;

ДКПП – державний класифікатор продуктів і послуг;

ДСЗ – дробарко-сортувальний завод;

Д.т.н. – доктор технічних наук;

гр. – група;

Інв. – інвентарний;

КП – код продукту;

м. – місто;

мм – міліметр;

ПОМ – персонально-обчислювальна машина;

проф. – професор;

рис. – рисунок;

тел. – телефон;

тис. – тисяча;

УДК – універсальний десятинний класифікатор;

ВАТ – відкрите акціонерне товариство;

ДБК – домобудівельний комбінат.

**7.1 Обґрунтування доцільності реконструкції дробарно-сортувального заводу та узгодження дробарно-сортувального заводу за продуктивністю**

В результаті реконструкції проведена дорозвідка родовища та виявлено додаткові запаси обсягом 10 млн. м3, тому кар’єр буде розробляти родовище протягом 37 років. Доцільна реконструкція ДСЗ продуктивністю 250 тис. м3.

Потрібна продуктивність по вхідному матеріалу:

(7.1)

де – річна продуктивність кар’єру, м3/рік;

=250000 – річна продуктивність ДСЗ, з завдання, м3/рік;

=1,3 – насипна маса (щільність) готової продукції, т/м3; [1]

=0,95 – орієнтовний вихід готової продукції, в.о.;

=1,7 – насипна маса вхідної продукції, т/м3. [1]

**7.2 Визначення споживачів та їх вимог до готової продукції**

7.2.1 Розподілення готової продукції між споживачами наведено в таблиці 7.1

Таблиця 7.1 – Розподілення готової продукції між споживачами

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Споживачі | Щебінь, % | | | Пісок, % | Відходи % |
| 5..10  мм | 10..20  мм | 20..40  мм |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ТОВ ДЕЛІ ГРУПП (м. Київ, вул. Кіквідзе , 12) | 10 | 10 | 4,6 | 8 | 0,057 |
| ТОВ ИСТОК-ОС (м. Київ, вул. Білічанська , 1, кв.64) | 8 | 14,3 | 6,17 | 8,86 | 0,4 |
| ВАТ ШЛЯХБУД (м. Київ, вул. Червоноармійська, 129) | 3,14 | 3,43 | 4 | 3,8 | 0,7 |
| Інші | 3,14 | 6,6 | 1,8 | 2,7 | 0,11 |
| Всього | 24,3 | 34,3 | 16,6 | 23,43 | 1,28 |

7.2.2 Вимоги споживачів до готової продукції

Стандарт [2] поширюється на щебінь з середньою густиною зерен понад 2,8 г/см3 до  3,2 г/см3, який одержують із скельних гірських порід, що попутно добувають разом із залізною рудою у кар’єрах  гірничо-збагачувальних комбінатів і шахт.

Щебінь характеризується такими основними показниками якості: насип­ною густиною; зерновим складом; формою зерен; міцністю; стираємістю; вмістом зерен слабких порід; морозостійкістю; вмістом пилуватих і глинистих часток, у тому числі глини у грудках; стійкістю структури; вмістом шкідливих домішок і сполук.

Щебінь, який випускають за даним стандартом, повинен мати насипну густину не більше 1750 кг/м3. Насипна густина щебню, призначеного для виготовлення збірного бетону і залізобетону, повинна бути не більше 1600 кг/м3.

Щебінь за даним стандартом випускають у вигляді таких основних фрак­цій: понад 5 до 10 мм вкл.; понад 10 до 20 мм вкл.; понад 20 до 40 мм вкл.; понад 40 до 80 (70) мм  вкл.

Форму зерен щебню характеризують вмістом зерен пластинчастої (лещадної) та голчастої форми.

**Примітка.** До зерен пластинчастої (лещадної) та голчастої форми відносять такі зерна, товщина або ширина яких менше довжини у три і більше рази.

Вміст зерен пластинчастої (лещадної) та голчастої форми у щебні не повинен перевищувати 35 % за масою. За узгодженням виготовлювача зі спожи­вачем допускається випуск щебню з вмістом зерен пластинчастої (лещадної) та голчастої форми по 65 % за масою.

Марка щебню за міцністю повинна бути не нижче 400.

Морозостійкість щебню характеризують числом циклів поперемінного заморожування і відтавання, за яких його втрати у відсотках за масою не перевищують встановлених значень.

Щебінь, який випускають за даним стандартом, за морозостійкістю підрозділяють на марки F25, F35, F50, F100, F150 і F200.

Вміст пилуватих і глинистих часток розміром менше 0,05 мм, який визначають відмулюванням, піпетковим методом або методом мокрого просіювання, у щебні марок за дробимістю 600 і вище не повинен перевищувати 1 % за масою, у щебні марки 400 – 2 % за масою, у тому числі глини у грудках у щебні усіх марок – 0,25 % за масою.

Щебінь повинен мати стійку структуру проти усіх видів розпадів. Структура щебню вважається стійкою, якщо втрата у масі після випробувань не перевищує

5 % за масою.

Вміст у щебні сірчистих і сірчанокислих сполук у перерахунку на S03 не повинен перевищувати 0,5 % за масою.

Щебінь повинен містити не більше 25 % за масою загального заліза.

Щебінь використовують у бетоні без обмежень, якщо вміст кожного з породоутворюючих мінералів (магнетиту, гетиту, гематиту та ін.) не більше 10 % за об'ємом або загальна їх сума не перевищує 15 %.

Стандарт [3] поширюється на пісок з відсіву подрібнення з середньою щільністю зерен понад 2,8 до 3,2 г/см3, що отримується при виробництві щебню з вміщуючих скельних гірських порід гірничо-збагачувальних комбінатів України.

Пісок повинен відповідати вимогам дійсного стандарту і застосовуватися відповідно з діючими нормативними документами|.

Пісок повинен характеризуватися наступними показниками якості:

- насипною щільністю;

- зерновим складом;

- вмістом пиловидних і глинистих часток|, у тому числі глини в грудках;

- вмістом глинистих часток, визначених методом набрякання (при розробці відвалів відсіву дроблення);

- вмістом органічних домішок|;

- міцністю;

- морозостійкістю;

- вмістом порід і мінералів, які відносять до шкідливих домішок;

- значенням сумарної питомої активності природних радіо­нуклідів|.

Піски, що випускаються за даним стандартом, повинні мати насипну щільність не більше 1650 кг/м3.

Піски, які стандартизуються| цим документом, по зерновому складу підрозділяють на групи: підвищеної крупності, великі, середні і дрібні.

 Вміст зерен розміром понад 10 мм в піску не повинен перевищувати  5 % за| масою.

Вміст зерен розміром від 5 мм до 10 мм в пісках для бетонів не повинен перевищувати 10 % по масі.

Вміст в піску зерен, що проходять через сито № 016, не повинен перевищувати 20 % по масі.

Кількість пиловидних і глинистих часток розміром менше 0,05 мм, які визначаються відмочуванням, піпетковим| методом або методом мокрого просіювання, не повинна перевищувати 7 % по масі, у тому числі глини в грудках – 0,35 % по масі.

Кількість глинистих часток, які визначаються методом набухання, не повинна перевищувати 1 % за масою.

Пісок при обробці розчином гідрооксиду натрію (колоримет­рична| проба на органічні домішки) не повинен надавати розчину забарвлення| темніше за колір еталону.

Залежно від міцності вихідної гірської породи піски підрозділяють на марки: 1000; 800 і 600.

У скельних| гірських породах не повинні міститися слабкі різниці в кількості| більше 10 % по масі.

При вищому вмісті слабких| різниць допускається використовувати піски, що отримуються після другої і подальших стадій подрібнення|.

До слабких відносяться породи з межею міцності на стискування у водонасиченому стані менше 20 МПа (200 кгс/см2 ).

Пісок повинен мати марку по морозостійкості не нижче F25. Втрата маси після 25 циклів поперемінного заморожування і відтаювання не повинна перевищувати 10 %.

**7.3 Вибір і обґрунтування технологічної схеми дробарко-сортувального заводу**

Для вибору технологічної схеми ДСЗ необхідно провести дослідження гранулометричного складу вхідної гірничої маси, яка надходить з кар’єру (Додаток В).

7.3.1 Загальна ступінь подрібнення заводу ізаг:

ізаг=Dmax/dmax=500/20=25, в.о., (7.2)

де Dmax = 500 – максимальний розмір куска вихідної гірничої маси, мм;

dmax = 20 – максимальний отриманий кусок готової продукції ДСЗ, оскільки фракція (10…20) мм повсебічно сприймає і розподіляє навантаження і є оптимальною для використання в будівництві, мм.

7.3.2 Часткова ступінь подрібнення і1 першої стадії:

і1=Dmax/d1max=500/1,6·b1=500/1,6·75=4,2, в.о., (7.3)

де d1max=1,6·b1=1,6·75=120 – максимальний розмір куска на виході дробарки ВЩД-600x800, мм;

1,6 – коефіцієнт закрупнення куска на вході в дробарку, в.о. [4];

b1=75 – ширина вихідної щілини дробарки ВЩД-600x800 для отримання максимальної кількості фракцій (10…20) мм, мм, [4]

7.3.3 Часткова ступінь подрібнення і2 другої стадії:

і2= d1max /d2max=1.6·b1 /2,8·b2=1,6·75/2,8·20=2,8, в.о., (7.4)

де d2max=2,8·b2=2,8·15=42 – максимальний розмір куска на виході дробарки КІД-900, мм ;

2,8 – коефіцієнт закрупнення куска на вході в дробарку, в.о. [5];

b2=20 – ширина вихідної щілини дробарки КІД-900 для отримання максимальної кількості фракцій (10…20) мм, мм, [5]

7.3.4 Часткова ступінь подрібнення і3 третьої стадії:

і3= d2max /d3max=2,8· b2/3,3· b3=2,8·15/3,3·5=2,6, в.о., (7.5)

де d3max=3,3·b3=3,3·5=16,5 – максимальний розмір куска на виході дробарки КІД-900, мм;

3,3 – коефіцієнт закрупнення куска на вході в дробарку, в.о. [5];

b3=5 – ширина вихідної щілини дробарки КІД-900 для отримання максимальної кількості фракцій (0..5) мм, яка використовується для оздоблення пішохідних доріжок, мм, [5]

Перевіряємо кількість вибраних стадій по ступеню подрібнення. Для цього повинна виконуватись умова необхідної і достатньої кількості стадій подрібнення:

ізаг < і1· і2· і3·…· іn = 4,2·2,8·2,6 = 30,5 > 25 (9.6)

Оскільки добуток частинних ступеней подрібнення і1·і2·і3 = 30,5 більше загального ступеню подрібнення ізаг =25, то для забезпечення необхідного подрібнення достатньо трьох стадій.

Технологічна схема, наведена на рис. 9.1, потребує три стадійного подрібнення з замкнутим циклом на останній стадії. Перед кожною стадією необхідно проводити грохочення. Замкнутий цикл на останній стадії подрібнення забезпечує можливість регулювання виходу за крупністю і сприяє збільшенню якості щебінки за рахунок зменшення кусків лещадної та голчастої форми.

Утилізація відходів: відсів гранітного щебню фракції 0–5 мм. Фактично — це залишковий матеріал при дробленні гірських порід і сортування їх на різні фракції. Але роль відсіву далеко не «залишкова». Спектр вживання його досить широкий:

- виробництво залізо-бетонних виробів (стоки, тротуарні плитки);

- використання як реагент проти ожеледиці, поряд з крупнішим гранітним щебнем;

- виробництво стінових матеріалів;

- використання в технологічних процесах очищення води;

- виробництво асфальтобетону, декоративних і обробних матеріалів. Також можливе використання гранітного відсіву в декоративних цілях — в ландшафтних роботах. Слід звернути увагу на доріжки з мармурового або гранітного відсіву. При цьому камінчики фракцією 5 мм-10 мм використовуються як окремо для стежини, так і для закладення швів між бетонними плитками або цеглою. Відсіви, гравій, галька, щебінь, пісок — відносно недорогі покриття для садових доріжок.

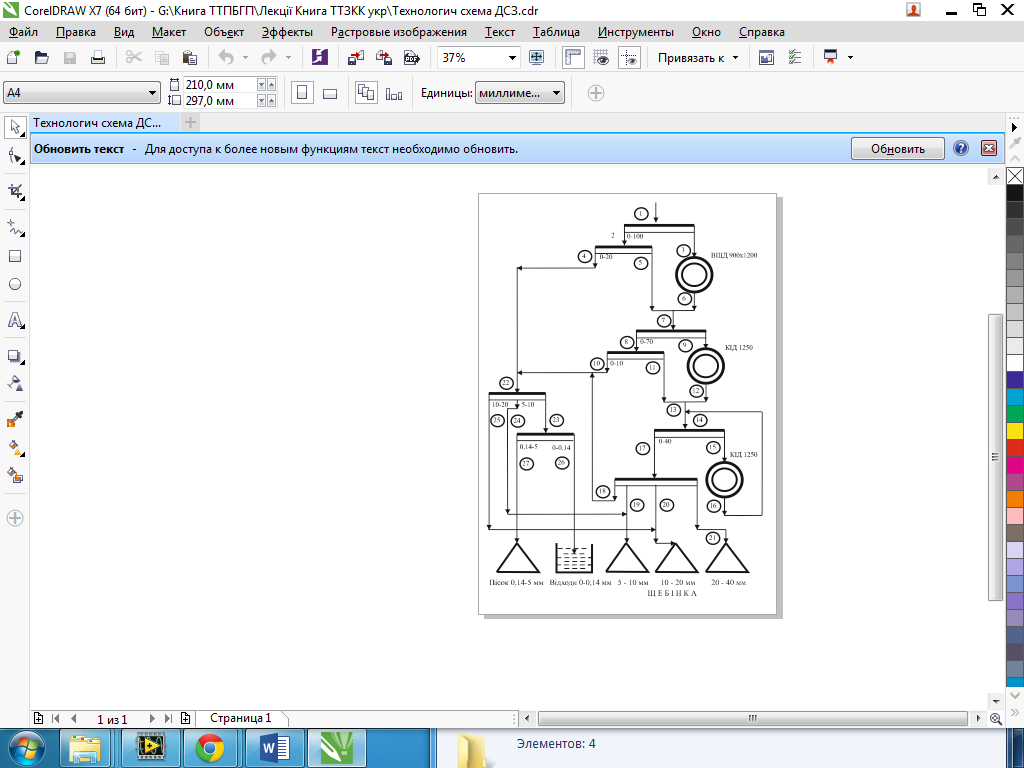


Рисунок 7.1 Технологічна схема ДСЗ

**7.4 Режим роботи дробарно-сортувального заводу**

# Розклад роботи ДСЗ прийнято цілорічним. Добовий розпорядок тризмінний, з 5 добовим робочим тижнем при двох вихідних. Приймаємо 8 годинний робочий день. Кількість робочих змін на тиждень 15. Розпорядок роботи складів по відвантаженню готової продукції цілорічний без вихідних днів [6].

Фонд чистого робочого часу Тч:

(7.7)

де Tзаг = 6075 – річний фонд роботи підприємства, год [6];

кв= 0,85 – коефіцієнт використання обладнання , який проектується [6].

Годинна продуктивність операції Qгод  визначається за формулою :

(7.8)

де Qр =250000 – продуктивність ДСЗ по готовій продукції,згідно з завданням, м3/рік.

**7.5 Визначення виробничої потужності заводу за вхідною сировиною**

Потрібна продуктивність ДСЗ по вхідному матеріалу Qвх  розраховується :

Qвх=Qг.п.δ·гот/(γгот·δвх)=250000·1,3/(0,95·1,7)=217337 м3/рік , (7.1)

де Qг.п .= 250000 – продуктивність ДСЗ по готовій продукції, м3/рік.

δгот = 1,3 – насипна маса готової продукції фракцій (10..20 ) мм, т/м3 [1].

γгот =0,95 – вихід готової продукції з урахуванням утилізації відходів, в.о.

δвх=1,7 – насипна маса (щільність) вхідного продукту, т/м3 [1].

Годинна продуктивність ДСЗ по вхідному матеріалу Qгод  :



Qгод=  м3/год , (7.2)

**7.6 Розрахунок якісно-кількісної схеми**

7.6.1 Вихід продукту 2,3,6, в.о.:

γ2 =γ1-100 ·Е1 =0,25·0,70=0,18 (7.9)

де γ1-100 =0,25 – вихід фракцій (0…100) мм у вхідній гірничій масі;

Е1=0.70 – ефективність першої стадії грохочення, забезпечує 15 % запас покращення продуктивності на даній стадії, в.о., [6]

γ3= γ1- γ2=1-0,18=0,82; (7.10)

γ6= γ3= 0,82. (7.11)

7.6.2 Фракційна ефективність операції грохочення 1:

Е1-d=1-(1- Е1)·(d/100)c, (7.12)

де d - діаметр фракцій, що поступають на першу стадію, мм (Додаток В);

С=К1·Е1/(1-Е1), (7.13)

де К1 – емпіричний коефіцієнт, що розраховується:

К 1=3,222·lg(γ1-100 / γ1-50)=3,322· lg(0,25 /0,172)=0,52, (7.14)

де γ1-50 =0,172 – визначено з характеристики крупності вхідної гірничої маси (Додаток Д).

С=К1·Е1/(1- Е1)=0,52·0,7/(1-0,7)=1,21;

Отже,

Е1-100=1-(1- Е1)·(d1/100)c =1-(1-0,70)·(100/100)1,21=0,70;

Е1-70 =1-(1- Е1)·(d2/100)c =1-(1-0,70)·(70/100)1,21=0,81;

Е1-40 =1-(1- Е1)·(d3/10 0)c =1-(1-0,70)·(40/100)1,21=0,90;

Е1-20 =1-(1- Е1)·(d4/100)c =1-(1-0,70)·(20/100)1,21=0,96;

Е1-10 =1-(1- Е1)·(d5/100)c =1-(1-0,70)·(10/100)1,21=0,98;

Е1-5 =1-(1- Е1)·(d6/100)c =1-(1-0,85)·(5/100)1,21=0,99;

Е1-0,14 =1-(1- Е1)·(d7/100)c =1-(1-0,85)·(0,14/100)1,21=0,99.

7.6.2 Характеристика крупності продуктів операції 2:

γ2-d= γ1-d· Е1-d; (7.15)

γ2-100= γ1-100· Е1-100=0,25·0,70=0,18;

γ2-70= γ1-70· Е1-70=0,18·0,81=0,15;

γ2-40= γ1-40· Е1-40=0,15·0,90=0,14;

γ2-20= γ1-20· Е1-20=0,14·0,96=0,13;

γ2-10= γ1-10· Е1-10=0,09·0,98=0,08;

γ2-5= γ1-5· Е1-5=0,06·0,99=0,06;

γ2-0,14= γ1-0,14· Е1-0,14=0,01·0,99=0,01.

7.6.3 Характеристика крупності продуктів операції 3:

γ3-d= γ1-d - γ2-d; (7.16)

γ3-100= γ1-100 - γ2-100=0,25-0,18=0,07;

γ3-70= γ1-70 - γ2-70=0,18-0,15=0,03;

γ3-40= γ1-40 - γ2-40=0,15-0,14=0,01;

γ3-20= γ1-20 - γ2-20=0,14-0,13=0,01;

γ3-10= γ1-10 - γ2-10=0,09-0,08=0.01;

γ3-5= γ1-5 - γ2-5=0,06-0,06=0;

γ3-0,14= γ1-0,14 - γ2-0,14=0,01-0,01=0.

7.6.4 Вихід продукту 4,5,7, в.о.:

7.6.4.1 Фракційна ефективність операції грохочення 2:

Е2-d=1-(1- Е2)·(d/20)c, (7.17)

де Е2=0,87 - ефективність технологічної операції другої стадії грохочення, забезпечує 3 % запас підвищення продуктивності на даній стадії, [6]

d - діаметр фракцій, що поступають на другу стадію, мм (Додаток В)

С=К2·Е2/(1- Е2)=0,62·0,87/(1-0,87)=4,15; (7.18)

К2=3,222·lg(γ2-20/γ2-10)=3,222· lg(0,14/0,09)=0,62, (7.19)

де γ1-10 =0,09 – визначено з характеристики крупності вхідної гірської маси, (Додаток Д )

Отже,

Е2-20 =1-(1- Е2)·(d4/20)c =1-(1-0,87)·(20/20)4,15=0,87;

Е2-10 =1-(1- Е2)·(d5/20)c =1-(1-0,87)·(10/20)4,15=0,99;

Е2-5 =1-(1- Е2)·(d6/20)c =1-(1-0,87)·(5/20)4,15=0,99;

Е2-0,14 =1-(1- Е2)·(d7/20)c =1-(1-0,87)·(0,14/20)4,15=0,99.

7.6.4.2 Вихід продуктів операції 4:

γ4 =γ2-20 ·Е2 =0,13·0,87=0,113,

Е2=89·1,05·0,95·0,98=87.

7.6.4.3 Вихід продукту операцій 5 та 7:

γ5= γ2- γ4=0,18-0,11=0,07;

γ7= γ5+ γ6=0,07+0,82= 0,89;

7.6.5 Характеристика крупності продуктів 5, 6, 7:

γ5-d =γ2-d (1-E 2-d) , якщо d<20;

γ5-d= γ2-d-γ4 , якщо d=20 або d >20;

γ6-d= γ3-d-γ3 і3·bi3-d;

γ7-d= γ3-d-γ6-d, якщо d<70 або d=70.

7.6.6.1 Характеристика крупності продуктів операції 5.

Розрахунок проведений за формулою γ5=γ2-γ4, оскільки продукт операції 5 складається з фракцій (20…100) мм.

γ5-100= γ2-100- γ4=0,18-0,11=0,07;

γ5-70= γ2-70- γ4=0,15-0,11=0,04;

γ5-40= γ2-40- γ4=0,14-0,11=0,03;

γ5-20= γ2-20·(1-Е2-20)=0,13·(1-0,87)=0,02;

γ5-10= γ2-10·(1-Е2-10)=0,08·(1-0,99)=0,0008;

γ5-5= γ2-5·(1-Е2-5)=0,06·(1-0,99)=0;

γ5-0,14= γ2-0,14·(1- Е2-0,14)=0,01·(1-0,99)=0.

7.6.6.2 Характеристика крупності продуктів операції 6:

γ6-d= γ3-d +γ3і3·b-di3, (7.20)

де і3 – ширина вихідної щілини дробарки на операції 3 подрібнення;

b-di3 – вміст фракцій (0…d) мм в роздрібненому продукті на операції 3 дрібнення.

Ширину вихідної щілини і3 дробарки приймаємо. Тоді за характеристикою крупності , яка наведена у [Додаток Г] , знаходимо, що γ3і3 =0,52, що відповідає 100 мм - для ширини розвантажувального отвору дробарки в долях одиниці 1. Склад необхідного класу від 0 до d в подрібненому продукті визначається за формулою:

b=1-ß-di3+d . (7.21)

Величина ß+d визначається за типовою характеристикою крупності [3]:

b-100i3=1-0,52=0,48;

b-70i3=1-0,75=0,25;

b-40i3=1-0,92=0,08;

b-20i3=1-0,98=0,02;

b-10i3=1-0,98=0,02;

b-5i3=1-0,99=0,01;

b-0,14i3=1-0,99=0,01;

γ6-100= γ3-100 + γ3-100 b-100i3=0,07+0,52·0,48=0,32;

γ6-70= γ3-70 + γ3-70 b-70i3=0,03+0,52·0,25=0,16;

γ6-40= γ3-40 + γ3-40 b-40i3=0,01+0,52·0,08=0,06;

γ6-20= γ3-20 + γ3-20 b-20i3=0,01+0,52·0,02=0,02;

γ6-10= γ3-10 + γ3-10 b-10i3=0,01+0,52·0,02=0,02;

γ6-5= γ3-5 + γ3-5 b-5i3=0+0,52·0,01=0,005;

γ6-0,14= γ3-0,14 + γ3-0,14 b-0,14i3=0+0,52·0,01=0,005.

7.6.6.3 Характеристика крупності продуктів операції 7:

γ7-d= γ5-d + γ6-d ;(7.22)

γ7-70= γ5-70 + γ6-70 =0,04+0,16=0,2;

γ7-40= γ5-40+ γ6-40=0,03+0,06=0,09;

γ7-20= γ5-20+ γ6-20=0,02+0,02=0,04;

γ7-10= γ5-10+ γ6-10=0,0008+0,02=0,0208;

γ7-5= γ5-5+ γ6-5=0+0,005=0,005;

γ7-0,14= γ5-0,14 + γ6-0,14 =0+0,005=0,005.

7.6.7 Вихід продукту 8, 9, 12:

γ8 =γ7-70 ·Е3 =0,2·0,87=0,17, (7.23)

де Е3=0.87 – ефективність грохочення другої стадії подрібнення, залишає 3 % запас нарощення продуктивності, [6]

γ9= γ7- γ8=0,89-0,17=0,72;

γ12= γ9=0,72.

7.6.8 Фракційна ефективність операції грохочення 3:

Е3-d=1-(1- Е3)·(d/70)c, (7.24)

де d – діаметр фракцій гранулометричного складу,

С=К3·Е3/(1- Е3)=0,61·0,87/(1-0,87)=4,08;

К4=3,222·lg(γ7-70/γ7-40)=3,222· lg(0,34/0,16)=0,61,

Отже,

Е3-70 =1-(1- Е3)·(d2/70)c =1-(1-0,87)·(70/70)4,08=0,87;

Е3-40 =1-(1- Е3)·(d3/70)c =1-(1-0,87)·(40/70)4,08=0,99;

Е3-20 =1-(1- Е3)·(d4/70)c =1-(1-0,87)·(20/70)4,08=0,99;

Е3-10 =1-(1- Е3)·(d5/70)c =1-(1-0,87)·(10/70)4,08=0,99;

Е3-5 =1-(1- Е3)·(d6/70)c =1-(1-0,87)·(5/70)4,08=0,99;

Е3-0,14 =1-(1- Е3)·(d7/70)c =1-(1-0,87)·(0,14/70)0,54=0,99.

7.6.9 Характеристика крупності продуктів операції 8, 9:

γ8-d=γ7-d·Е3-d; (7.25)

γ9-d=γ7-d-γ8-d= γ7-d·(1-Е3-d).

7.6.9.1 Характеристика крупності продуктів операції 8:

γ8-70=γ7-70·Е3-70=0,2·0,87=0,17;

γ8-40=γ7-40·Е3-40=0,09·0,99=0,08;

γ8-20=γ7-20·Е3-20=0,04·0,99=0,03;

γ8-10=γ7-10·Е3-10=0,0208·0,99=0,02;

γ8-5=γ7-5·Е3-5=0,005·0,99=0,005;

γ8-0,14=γ7-0,14·Е3-0,14=0,005·0,99=0,005.

7.6.9.2 Характеристика крупності продуктів операції 9:

γ9-70=γ7-70-γ8-70=0,2-0,17=0,03;

γ9-40=γ7-40-γ8-40=0,09-0,08=0,01;

γ9-20=γ7-20-γ8-20=0,04-0,03=0,01;

γ9-10=γ7-10-γ8-10=0,02-0,02=0;

γ9-5=γ7-5-γ8-5=0,005-0,005=0;

γ9-0,14=γ7-0,14-γ8-0,14=0,005-0,005=0.

7.6.10 Вихід продуктів 10,11,13:

γ10= γ8-10·Е4=0,02·0,85=0,017,

де Е4=0,85 – ефективність операції грохочення на четвертому грохоті прийнята мінімальною, що забезпечує ефективне грохочення для збільшення завантаження дробарки. [6]

γ11 =γ8-γ10=0,17-0,017=0,15;

γ13 =γ11+γ12=γ7-γ10= γ1-γ4-γ10=1-0,11-0,017=0,87.

7.6.11 Фракційна ефективність операції грохочення 4:

Е4-d=1-(1-E4)(d/10)c ,d<10,

де К4=3,222 lg (γ8-10/γ8-5)=3,222 lg(0,02/0,005)=1,94;

С=К4 Е4/(1-Е4)=1,94·0,85/(1-0,85)=11;

Е4-10=1-(1-0,85)(10/10)11=0,9;

Е4-5=1-(1-0,85)(5/10)11=0,99;

Е4-0,14=1-(1-0,85)(0,14/10)11=0,99.

7.6.12 Характеристика крупності продуктів 11,12,13:

γ11-d= γ8-d·(1-Е4-d), якщо d<10;

γ11-d=γ8-d-γ10, якщо d=10 або d >10;

γ12-d= γ9-d+γ9 і6·bi2-d, якщо d=і6 або d< і2;

γ12-d= γ9-d+γ9 id·bi2-d, якщо d>і2;

γ13-d= γ11-d+γ12-d.

Розрахунок проводимо за формулою γ11-d=γ8-d-γ10, якщо d=10 або d >10, оскільки розмір фракцій складає (10..20) мм.

7.6.12.1 Характеристики крупності продуктів операції 11:

γ11-70=γ8-70-γ10 =0,17-0,017=0,15;

γ11-40=γ8-40-γ10 =0,08-0,017=0,06;

γ11-20=γ8-20-γ10 =0,03-0,017=0,013;

γ11-10= γ8-10·(1-Е4-10)=0,02(1-0,9)=0,002;

γ11-5= γ8-5·(1-Е4-5)=0,005(1-0,99)=0;

γ11-0,14= γ8-0,14·(1-Е4-0,14)=0,005(1-0,99)=0.

7.6.12.2 Характеристики крупності продуктів операції 12:

γ12-d= γ9-d+γ9 id·bi2-d, якщо d>і2 (7.26)

bі2-70=1-0,22=0,78;

bі2-40=1-0,5=0,5;

bі2-20=1-0,72= 0,28;

bі2-10=1-0,87= 0,13;

bі2-5=1-0,93= 0,07;

bі2-0,14=1-0,98= 0,02;

γ12-70=γ9-70+γ9+70· b6-70=0,03+0,22·0,78=0,22;

γ12-40=γ9-40+γ9+40· b6-40=0,01+0,5·0,5=0,26;

γ12-20=γ9-20+γ9+20· b6-20=0,01+0,72·0,28=0,202;

γ12-10=γ9-10+γ9+10· b6-10=0+0,87·0,13=0,113;

γ12-5=γ9-5+γ9+5· b6-5=0+0,93·0,07=0,065;

γ12-0,14=γ9-0,14+γ9+0,14· b6-0.14=0+0,98·0,02=0,0196.

7.6.12.3 Характеристика крупності операції продукту 13:

γ13-70=γ11-70+γ12-70=0,15+0,22=0,37;

γ13-40=γ11-40+γ12-40=0,06+0,26=0,32;

γ13-20=γ11-20+γ12-20=0,013+0,202=0,215;

γ13-10=γ11-10+γ12-10=0,002+0,113=0,115;

γ13-5=γ11-5+γ12-5=0+0,065=0,065;

γ13-0.14=γ11-0.14+γ12-0,14=0+0,0196=0,0196.

7.6.13 Вихід продуктів 14,15,16,17,18:

γ15= γ13- γ13-40·E5/(E5·b5-40);

γ14 =γ13+γ15; γ16 =γ15;

Е5-d=1-(1-E5)(d/40)c,

де С=К5 · Е5/(1-Е5),

К5=3,222 lg (γ13-40/γ13-20);

γ17= γ13-γ13-20 ·Е5 -20;

γ18= γ13-γ17.

7.6.13.1 Вихід продуктів 15,16:

Приймаємо Е7=0,90– загальна ефективність грохочення 7, залишає максимальний 8% запас нарощення продуктивності, [6]

bi5-d – вміст фракції від 0 до d7 визначається за типовою характеристикою крупності, [Додоток Г].

b5-70=1-0,12=0,88;

b5-40=1-0,42=0,58;

b5-20=1-0,69= 0,31;

b5-10=1-0,82= 0,18;

b5-5=1-0,93= 0,07 ;

b5-0.14=1-0,98= 0,02;

γ15= γ13- γ13-40 ·Е5/(Е5· b5-40)=0,87-(0,32·0,9/(0,9·0,58))=0,31;

γ16= γ15=0,31.

7.6.13.2 Вихід продуктів операцій 14 та 17:

γ14 =γ13-γ15=0,87-0,31=0,56;

γ17= γ13-γ13-20 ·Е5 -20= 0,87-0,215·0,99=0,57.

7.6.13.3 Фракційна ефективність операції 7 грохочення:

Е5-d=1-(1-E5)(d/40)c; (7.27)

К5=3,222 lg (γ13-40/γ13-20)=3,222 lg(0,32/0,215)=0,57;

С=К5 · Е5/(1-Е5)=0,57·0,9/(1-0,9)=10,83;

Е5-20=1-(1-0,9)(20/40)10,83=0,99;

Е5-10=1-(1-0,9)(10/40)10,83=0,99;

Е5-5=1-(1-0,9)(5/40)10,83=0,99;

Е5-0,14=1-(1-0,9)(0,14/40)10,83=0,99.

7.6.13.4 Вихід продуктів операції 18:

γ18= γ13-γ17=0,87-0,57=0,3.

7.6.14 Характеристика крупності продукту операції 17:

γ17-d= γ13-d+γ15 ·bi3-d, якщо d< d6;

γ17-20= γ13-20+γ15 ·b3-20=0,215+0,31·0,31=0,36;

γ17-10= γ13-10+γ15 ·b3-10=0,117+0,31·0,18=0,17;

γ17-5= γ13-5+γ15 ·b3-5=0,065+0,31·0,07=0,086;

γ17-0,14= γ13-0,14+γ15 ·b3-0,14=0,0196+0,31·0,02=0,026.

7.6.15 Товарне сортування при виготовленні щебеню до 20 мм.

7.6.15.1 Фракційна ефективність операції товарного сортування 6:

Е6-d=1-(1-E6)(d/10)c, (7.28)

де К9=3,222 lg (γ17-10/γ17-5)=3,222 lg(0,17/0,086)=0,95;

С=К6 · Е6/(1-Е6)=0,95·0,95/(1-0,95)=18,05;

Е6-10=1-(1-0,95)(10/10)18,05=0,95;

Е6-5=1-(1-0,95)(5/10)18,05=0,99;

Е6-0,14=1-(1-0,95)(0,14/10)18,05=0,99.

7.6.15.2 Вихід щебеню фракції (5…10) мм після операції 20:

γ20= γ17-( γ21+ γ17-5 ·Е6 -5)=0,57-( 0,41+0,086·0,99)=0,074.

7.6.15.3 Вихід щебеню фракції (10…20) мм після операції 21:

γ21= γ17-γ17-10 ·Е6 -10=0,57-0,17·0,95=0,41.

7.6.15.4 Вихід готової продукції:

γгот=γ19+ γ20+ γ21=0,27+0,074+0,41=0,754.

7.6.15.5 Вихід відходів фракції (0-5) мм операції 19:

γ19=γ17-5 ·Е9 -5= γ13- γгот=0,84-0,754=0,086.

7.6.15.6 Перевірка:

γ1 =γгот+ γ4+ γ10+ γ19=0,754+0,116+0,017+0,086=1,000.

7.6.16 Товарне сортування при виготовленні щебеню до 20 мм:

При товарному сортуванні можливий випуск щебеню фракції (20…40) мм, (10…20) мм, (5…10) мм або тільки (5…10) мм. Кількість і розміри фракції готової продукції:

γ20(10-20)=γ17- γ17-10·Е9-10=0,57-0,17·0,95=0,41;

γ20(5…10)=γ17-( γ20(10…20) +γ17-5·Е9-5 )=0,57-(0,41+0,086·0,99)=0,075;

γгот(10…20)= γ20(5…10)+ γ21(10…20) +γ18=0,075+0,68+0,27=1,02;

γ21(10…20)=γ13- γ17-10·Е9-10=0,84-0,17·0,95=0,68;

γгот= γ21(10…20)+ γ20(5…10)=0,68+0,075=0,75;

γхв= γ13- γгот=0,84-0,75=0,09.

7.6.17 Годинна продуктивність ДСЗ по вхідному матеріалу Qгод  визначається за формулою :

(7.29)

Продуктивність технологічних операцій Qі визначається:

Qгод=Qгод·γі, (7.30)

де γі – вихід продукту і-ї операції, в.о.

Результати розрахунку технологічних операцій ДСЗ наведені в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № операції | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Вихід продукту, в.о | 1 | 0,18 | 0,82 | 0,113 | 0,07 | 0,82 | 0,89 | 0,17 | 0,72 | 0,017 |
| Продуктивність, м3/год | 52 | 9,36 | 42,64 | 5,88 | 3,64 | 42,64 | 46,28 | 8,84 | 37,44 | 0,88 |

Продовження таблиці 7.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 0,15 | 0,72 | 0,87 | 0,56 | 0,31 | 0,31 | 0,57 | 0,3 | 0,086 | 0,074 |
| 7,8 | 37,44 | 45,24 | 29,12 | 16,12 | 16,12 | 29,64 | 15,6 | 4,47 | 3,85 |

Продовження таблиці 7.3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 0,41 | 0,244 | 0,121 | 0 | 0,123 | 0,044 | 0,079 |
| 21,32 | 12,69 | 6,3 | 0 | 6,4 | 2,29 | 4,1 |

Закінчення таблиці 7.3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| (0,14…5) мм | (5…10) мм | (10…20) мм | (20…40) мм |
| 29 | 30 | 31 | 32 |
| 0,079 | 0,074 | 0,533 | 0,27 |
| 4,1 | 3,85 | 27,72 | 14,04 |

**7.7 Вибір і розрахунок обладнання для реалізації технології дробарно-сортувального заводу**

7.7.1 Вибір дробарного обладнання

7.7.1.1 Розрахункова продуктивність дробарки ВЩД 600×800

Паспортна продуктивність дробарки ВЩД 600×800 55 м3/год. Розрахункова продуктивність ВЩД 600×800:

Qр1 =Qп · K др· Kкр ·Kф · Kв=68·0,8·1,03·1,00·1,00=56, м3/год, (7.31)

де Qп=68 - паспортна продуктивність дробарки, м3/год, [4]

Кдр=0,80 - поправочний коефіцієнт подрібнення матеріалу, прийнятий для особливо міцних порід з опором на стиск більше 250 МПа [6];

Ккр=1,03 - поправочний коефіцієнт на крупність матеріалу,так як 0,5В=300мм для дробарки ВЩД - 600×800 і в гірничий масі фракцій до 500 мм міститься 30 % [Додоток Г];

Кф=1,00 - поправочний коефіцієнт, враховує форму подрібненного матеріалу гравійно-валунної маси з вмістом рваного каменю до 20 % [6];

Кв=1,00 - поправочний коефіцієнт на вологість дробарного матеріалу, прийнятий для граніту з природною вологоємкістю 8 % [6].

7.7.1.2 Кількість дробарок на першій стадії дрібнення:

n1=Q1/Qр1=52/56=0,92≈1. (7.32)

7.7.1.3 Коефіцієнт завантаження дробарки ВЩД 600×800:

К1=Q1 /Qр1· n1=52/56·1=0,92 (7.33)

7.7.1.4 Розрахункова продуктивність КІД-900 на другій стадії дрібнення:

Паспортна продуктивність дробарки КІД-900 50 м3/год. Розрахункова продуктивність:

Qр2 =Qп · K др· Kф· Kкр· Kв=50·0,80·1,03·1,00·0,90= 41,2, м3/год , (7.34)

де Qп=50 - паспортна продуктивність дробарки, м3/год. [5]

7.7.1.5 Кількість дробарок на другій стадії дрібнення:

n2=Q9/Qр2=37,44/41,2=0,91≈1. (7.35)

Годинна продуктивність 9 операції дрібнення:

Q9= Q1·γ2=52·0,72=37,44, м3/год. (7.36)

7.7.1.6 Коефіцієнт завантаження дробарки КІД-900:

К2=Q9 /Qр2· n2=37,44/41,2·1=0,91. (7.37)

7.7.1.7 Розрахункова продуктивність КІД-900 на третій стадії дрібнення:

Паспортна продуктивність дробарки КІД-900 50 м3/год. Розрахункова продуктивність:

Qр3 =Qп · K др· Kф· Kкр· Kв=50·0,80·1,03·1,00·0,90= 37,1 м3/год , (7.38)

де Qп=50 - паспортна продуктивність дробарки, м3/год. [5]

7.7.1.8 Кількість дробарок на третій стадії дрібнення:

n3=Q15/Qр3=29/37,1=0,8≈1. (7.39)

Годинна продуктивність 15 операції дрібнення:

Q15= Q1·γ15=52·0,56=29, м3/год. (7.40)

7.7.1.9 Коефіцієнт завантаження дробарки КІД-900:

К3=Q15 /Qр3· n3=29/37,1·1=0,8. (7.41)

7.7.2 Вибір та розрахунок обладнання для грохочення

Максимальний розмір куска у вихідній гірничій масі дорівнює 500 мм. Насипна маса вихідної сировини δ=1,7 т/м3, продуктивність Q1=52 м3/год.

Для операції грохочення 1 обираємо грохіт ГІТ-21 з розміром отвору просіювальної поверхні сит 1000×2000 мм, продуктивність паспортна 50 м3/год. Площа сита 2,5 м2. [8]

7.7.2.1 Розрахункова продуктивність грохота ГІТ-21:

Qр1=c·q·F·k·l·m·n·o·p=0,85·63·2,5·0,44·1,74·1,3·1,0·0,9·1,0=119 м3/год, (7.42)

де c = 0,85 – коефіцієнт використання поверхні сита, для верхнього сита при навантаженні грохоту матеріалом по ширині 0,65Вс;

q = 63,00 - питома об’ємна продуктивність сита при розмірі отворів сит 100 мм, м3/(м2·год);

F = 2,5 - площа поверхні сита, м2 ;

k = 0,44 – коефіцієнт, який відповідає складу зерен у навантаженні грохоту, розмір яких менше половини отворів сита;

l = 1,74 – коефіцієнт який відповідає складу зерен у навантаженні грохота, розмір котрих більше отворів сита;

m = 1,3 – коефіцієнт, який відповідає ефективністі грохочення 80%;

n = 1,0 – коефіцієнт, що відповідає дробимості матеріалу;

o = 0,9 – коефіцієнт, який відповідає розміру отворів сита при грохоченні вологого матеріалу;

p = 1,0 – коефіцієнт, що відповідає способу грохочення, сухе грохочення.

Кількість грохотів ГІТ 21:

N1=Q1/Q р1=52/119=0,44≈1. (7.43)

Коефіцієнт завантаження грохота:

К1=Q1/ N1· Qр1=52/1·119=0,44. (7.44)

Таким чином, один грохіт ГІТ-21 забезпечує грохочення 1 з коефіцієнтом завантаження 44 %. Подібне завантаження є недостатнім, тому для підвищення завантаження грохоту пропонується збільшити продуктивність заводу по вхідній гірничій масі на 16%, щоб завантаження грохоту становило принаймні 60 %.

7.7.2.2 Розрахункова продуктивність грохота ГІТ 21:

Q2р=c·q·F·k·l·m·n·o·p=0,7·28·2,0·0,147·0,94·1,12·1,0·0,75·1,0=4,55 м3/год, (7.45)

де c = 0,7 -– коефіцієнт використання поверхні сита, для верхнього сита при навантаженні грохоту матеріалом по ширині не більше 0,65Вс;

q = 28,00 - питома об’ємна продуктивність при розмірі отворів сит 20 мм, м3/(м2·год) ;

F = 2,00 - площа поверхні сита,м2 ;

k = 0,147 – коефіцієнт, який відповідає складу зерен у навантаженні грохоту, розмір яких менше половини отворів сита γ2-10=4,9 % ;

l = 0,94 - коефіцієнт який відповідає складу зерен у навантаженні грохота, розмір котрих більше отворів сита ( γ2-20-100= γ2-100- γ2-20=0,18-0,13=0,05);

m = 1,2 - коефіцієнт, який відповідає ефективністі грохочення;

n = 1,0 - подрібненний матеріал;

o = 0,9 - коефіцієнт, який відповідає розміру отворів сита при грохоченні вологого матеріалу;

p = 1,0 - коефіцієнт, що відповідає способу грохочення, сухе грохочення.

Розрахункова продуктивність грохота ГІТ 21 з урахуванням коефіцієнта залипання сита:

Q2р'= Q2р· к з =15.8·0,7=11.06 м3/год , (7.46)

де к з=0,7- коефіцієнт залипання сита з природною вологістю матеріалу 8 % .

Кількість грохотів ГІТ 21:

N2=Q2/Q2 р'=6,65/11.06=0,6=1. (7.47)

Коефіцієнт завантаження грохота:

К2=Q2/ N2 Q2р'=6.65/1·11.06=0,6 (7.48)

Таким чином один грохіт ГІТ-21 забезпечує грохочення 3 з коефіцієнтом завантаження 60 %.

7.7.2.3 Вибір та розрахунок обладнання для грохочення 4.

Після першого подрібнення розміри кусків вихідної гірської маси зменшились, границя розділення грохочення 4 за технологічною схемою становить 70 мм. Використовуємо для даного грохочення грохот ГІТ-31. Розрахункова продуктивність ГІТ-31 на грохоченні 4 [6]:

Qр4 = c·q·F·k·l·m·n·o·p=0,7·50·3,1·0,42·1,0·1,2·1,0·0,75·1,0=35,15 м3/год, (7.49)

де c = 0,7 - для верхнього сита при навантаженні грохоту матеріалом по ширині не більше 0,65Вс;

q = 50 - питома об’ємна продуктивність при розмірі отворів сит 70 мм, м3/(м2·год)

F = 3,1 - площа поверхні сита,м2

k = 0,42 - склад зерен у навантаженні грохоту, розмір котрих менше половини отворів сита;

l = 1,0 - склад зерен у навантаженні грохота, розмір котрих більше отворів сита;

m = 1,2 - ефективність грохочення;

n = 1,0 - подрібнений матеріал;

o = 0,75 - вологість матеріалу;

p = 1,0 - сухе грохочення.

Розрахункова продуктивність грохота ГІТ 31 з урахуванням коефіцієнта залипання сита.

Q4р'= Q4р· к з =35,15·0,7=24,61 м3/год , (7.50)

де к з=0,7- коефіцієнт залипання сита з природною вологістю матеріалу 8 % .

Кількість грохотів ГІТ 31:

N4=Q7/Q4р'=30.8/24,61=1,3≈2. (7.51)

Коефіцієнт завантаження грохота:

К4=Q7/ N4 Q4р=30.8/2·24,61=0,63. (7.52)

Таким чином один грохіт ГІТ-31 забезпечує грохочення 4 з коефіцієнтом завантаження 63%.

7.7.2.4 Вибір та розрахунок обладнання для грохочення 5.

Границя розділення на грохоті 5 становить 10 мм, тому використовуємо грохот інерційний середнього типу ГІС 21.

Розрахункова продуктивність ГІС 21 на грохоченні 5:

Q5р=c·q·F·k·l·m·n·o·p=0,7·19,0·2,0·0,3·0,96·1,2·1,0·0,75·1,0=6,40 м3/год , (7.53)

де c=0,7 - для верхнього сита при навантаженні грохоту матеріалом по ширині не менше 0,65Вс,

q=19 - питома об’ємна продуктивність при розмірі отворів сит 10 мм, м3/(м2·год)

F=2,0 - площа поверхні сита,м2

k=0,3 - склад зерен у навантаженні грохоту, розмір котрих менше половини отворів сита γ8-5=0,1%

l=0,96 - склад зерен у навантаженні грохота, розмір котрих більше отворів сита

γ10-70= γ8-70- γ8-10=0,221-0,0264=0,19;

m=1,2 - ефективність грохочення, оскільки Е4=0,85,

n=1,0 - подрібненний матеріал,

o=0,75 - вологість матеріалу,

p= 1,0 - продуктивність грохота, тому що розмір отвору 10 мм.

Розрахункова продуктивність грохота ГІС 21 з урахуванням коефіцієнта залипання сита.

Q5р'= Q5р· к з =6,40·0,7=4,48 м3/год , (7.54)

де к з=0,7- коефіцієнт залипання сита з природною вологістю матеріалу 8 % .

Кількість грохотів ГІС 21:

N5=Q8/Q5р'=10.15/4,48=0,84=1. (7.55)

Коефіцієнт завантаження грохота:

К5=Q8/ N5 =3,76/1·4,48=0,84. (7.56)

Таким чином один грохіт ГІС-21 забезпечує грохочення 4 з коефіцієнтом завантаження 84 %.

7.7.2.5 Вибір та розрахунок обладнання для грохочення 7.

Для грохочення 7 застосовуємо інерційний грохот легкого типу ГІЛ-32

Розрахункова продуктивність ГІЛ- 32 на грохоченні для верхнього сита:

Q7р=c·q·F·k·l·m·n·o·p=1,0·28,0·3,1·0,6·0,96·0,75·1,0·0,75·1,0=28,12 м3/год , (7.57)

де c=1,0 - для верхнього сита при навантаженні грохоту матеріалом по ширині не менше 0,65Вс,

q=28 - питома об´ємна продуктивність при розмірі отворів сит 20 мм, м3/(м2·год)

F=3,1 - площа поверхні сита,м2

k=0,6 - склад зерен у навантаженні грохоту, розмір котрих менше половини отворів сита γ14-10=0,061.

l=0,96 - склад зерен у навантаженні грохота, розмір котрих більше отворів сита

m=0,75 - ефективність грохочення, оскільки Е7=0,95,в.о.

n=1,0 - подрібненний матеріал,

o=0,75 - вологість матеріалу,

p= 1,0 - продуктивність грохота, тому що розмір отвору 20 мм.

Розрахункова продуктивність Q′7p грохоту ГІЛ-32для нижнього сита:

Q7р=c·q·F·k·l·m·n·o·p=0,7·28,0·3,1·0,6·0,96·0,75·1,0·0,75·1,0=19,68 м3/год. (9.58)

Кількість грохотів ГІЛ-32 на операції грохочення 7

шт. (7.59)

На грохочення 7 надходить продукт операції 14.

Отже, потрібен лише 1 грохіт.

На нижнє сито надходить продукт операції 17.

 шт. (7.60)

Отже, потрібен лише 1 грохіт.

Коефіцієнт завантаження грохота ГІЛ 32 по верхньома ситу:

К71=Q14/ N7Q7р =18.55/1·28,12=0,66. (7.61)

Коефіцієнт завантаження грохота ГІЛ 32 по нижньому ситу:

К72=Q14/ N7Q7р =18.55/1·19,68=0,94. (7.62)

7.7.2.6 Вибір та розрахунок обладнання для грохочення 9.

Грохочення 9 – товарне і здійснюється мокрим методом.

Для грохочення 9 застосовуємо інерційний грохот легкого типу ГІЛ-22.

Розрахункова продуктивність Q9p грохоту ГІЛ-22 для верхнього сита:

Q9р=c·q·F·k·l·m·n·o·p=1,0·19,0·2,0·0,6·0,96·0,75·1,0·0,75·1,0=12,31 м3/год , (7.63)

де с = 1,0 – коефіцієнт використання поверхні сита, для верхнього сита при навантаженні грохоту матеріалом по ширині не менше 0,7 Вс,

q = 19– питома об’ємна продуктивність 1м3 сита грохоту при розмірі отворів сита 10 мм, м3/(м2 год), [6];

k = 0,6 – склад зерен у навантаженні грохоту, розмір яких менше половини отворів сита γ 17-5 = 8,1 %, в.о., [6];

l = 0,96 – склад зерен у навантаженні грохота, розмір котрих більше отворів сита, в.о., [6];

γ 13-10-20 = γ 13-20 - γ 13-10 =0,318-0,153=0,165;

m = 1,0 - ефективність грохочення Е9=0,91, в.о., [6];

n = 1,0 – на сито подається подрібнений матеріал, в.о., [6];

о=0,9– вологість матеріалу 10 %,в.о., [6];

p= 1,25 – вологе грохочення, в.о., [6].

Розрахункова продуктивність грохоту ГІЛ-22 для нижнього сита:

Q9р=c·q·F·k·l·m·n·o·p=0,85·11,0·2,0·0,6·0,96·0,75·1,0·0,75·1,25=7,57 м3/год, (9.64)

де q = 11– питома об’ємна продуктивність 1м2 сита грохоту при розмірі отворів сита 5 мм, м3/(м2 год);

с = 0,85 – коефіцієнт використання поверхні сита, для нижнього сита при навантаженні грохоту матеріалом по ширині не менше 0,7 Вс; де Вс-ширина сита, в.о..

Кількість грохотів ГІЛ-22 на операції грохочення 9

 шт. (7.65)

На грохочення надходить продукт операції 17.

Отже, потрібно 2 грохоти.

На нижнє сито надходить продукт операції 20.

 шт. (7.66)

Отже, потрібен лише 1 грохот.

Коефіцієнт завантаження грохота k9,k9′на операції грохочення 9

Коефіцієнт завантаження грохота на операції грохочення 9 по верхньому ситу:

в.о. (7.67)

Коефіцієнт завантаження грохота на операції грохочення 9 по нижньому ситу:

 в.о. (7.68)

7.7.2.7 Вибір та розрахунок обладнання для грохочення 10.

Грохочення 10 призначене для утилізації відходів. Воно здійснюється мокрим методом.

Для грохочення 10 застосовуємо інерційний грохот легкого типу ГІЛ-21.

Розрахункова продуктивністьQ10p грохоту ГІЛ-21:

Q10р=c·q·F·k·l·m·n·o·p=1,0·11,0·2,0·0,6·0,94·0,75·1,0·0,75·1,25=8,72 м3/год, (7.69)

де с = 1,0 – коефіцієнт використання поверхні сита, для верхнього сита при навантаженні грохоту матеріалом по ширині не менше 0,7 Вс;

Вс - ширина сита, в.о.,

q = 11– питома об’ємна продуктивність 1м3 сита грохоту при розмірі отворів сита 5 мм, м3/(м2 год), [6];

k = 0,6 – склад зерен у навантаженні грохоту, розмір яких менше половини отворів сита γ 22-0,14 = 4 %, в.о., [6];

l = 0,94 – склад зерен у навантаженні грохота, розмір котрих більше отворів сита, в.о., [6];

γ 22-5-20 = γ 22-20 – γ 22-5 =0,068-0,035=0,052, в.о.;

m = 1,0 – ефективність грохочення Е10=0,91, в.о., [6];

n = 1,0 – на сито подається подрібнений матеріал, в.о., [6];

о = 0,9– вологість матеріалу 10 %, в.о., [6];

p = 1,25 – вологе грохочення, в.о., [6].

Кількість грохотів ГІЛ-21 на операції грохочення 10:

 шт. (7.70)

На грохочення надходить продукт операції 22.

Отже потрібен лише 1 грохот.

Коефіцієнт завантаження грохота k10 на операції грохочення 10

 в.о. (7.71)

Результати розрахунку заносимо до Таблиці 7.7.1.

Таблиці 7.7.1 – Результат розрахунку грохотів

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Марка грохота | Qр, м3/год | N, штук | k, в.о. |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1.ГІТ-21  2.ГІТ-21  3.ГІТ-31  4.ГІС-21  5.ГІЛ-32 в.с.  н.с.  6.ГІЛ-22 в.с.  н.с.  7.ГІЛ-11 | 17,01  3,58  35,15  4,48  28,12  19,68  12,31  7,57  8,72 | 1  1  1  1  1  1  1  1  1 | 0,899  0,76  0,84  0,71  0,58  0,91  0,17  0,35 |

**7.8 Вибір та розрахунок обладнання для промивки**

7.8.1 Вибір класифікатора

Продукт крупністю (0…5) мм з операції 23 надходить на класифікатор. Обираємо класифікатор 1КСН-7,5 [7].

7.8.2 Розрахунок класифікатора

Продуктивність класифікатора Q11 по піску [7]:

(7.72)

де i =1 – кількість спіралей, в.о., [7];

n = 7,8 – частота обертання спіралі, об/ хв., [7];

k1=0,95 – коефіцієнт, який враховує крупність перероблюваного піску. Він прийнятий для модуля крупністю М=30, в.о., [7];

D1=1,3 – діаметр спіралі, м, [7].

7.8.2.1 Кількість N11 та коефіцієнт завантаження k11 класифікатора:

(7.73)

(7.74)

Отже, прийнятий класифікатор 1КСН-7,5 буде завантажений на 15 % і має резерв підвищення продуктивності.

**7.9 Джерела для промивки готової продукції та організації циркуляції води**

Для забезпечення ДСЗ водою використовується натуральне джерело-відроблений кар’єром з об’ємом води:

V=L·B·h=·80·60·50=240000 м3, (7.75)

де L=80 - довжина кар’єра ,м;

B=60 - ширина кар’єру, м;

h=50 - глибина кар’єру, м.

Існуюче водосховище буде постійно наповнюватись водою із нового кар’єра підземними водами та з водосховища.

Для забезпечення технологічної схеми водою на заводі організовано замкнутий цикл з тристадійним освітленням води.

Необхідна кількість води для заводу:

(7.76)

**7.10 Вибір конвеєрів для забезпечення технології ДСЗ**

Ширина смуги конвеєра В повинна задовольняти умову :

, (7.77)

де – найбільший лінійний розмір кусків породи, мм.

Продуктивність конвеєра Q :

, т/год , (7.78)

де – площа насипного матеріалу, мм2, [9];

с – коефіцієнт, який залежить від кута відкосу матеріалу і ширини смуги, в.о., [9];

В – ширина стрічки конвеєра, мм, [9];

V – швидкість руху смуги конвеєра, м/год, [9];

– насипна маса гірської маси, т/м3, [9].

Враховуючи ці параметри вибираємо необхідні конвеєра і заносимо їх у таблицю 7.4

Таблиця 7.4 – Вибір конвеєрів

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер конвеєра | Продуктивність Q, м3/год | Ширина стрічки В, мм | Швидкість V, м/с | Довжина конвеєра, м |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| N1  N2  N3  N5  N6  N9  N22  N8  N12  N11  N21  N20  N19 | 77,460  12,471  64,989  9,760  64,989  59,179  20,372  15,569  59,179  13,478  53,138  5,964  4,803 | 1200  1200  1000  800  650  650  500  650  650  650  500  500  500 | 1,50  1,00  1,70  0,80  1,80  1,70  2,00  3,05  2,5  3,15  1,70  1,90  2,0 | 90  30  30  25  25  30  40  25  30  45  20  20  20 |

**7.11 Хвостосховища та склади готової продукції**

Місткість складів готової продукції визначається виходячи із продуктивності ДСЗ і допустимої перерви постачання рухомого складу під завантаження.

Так як ДСЗ з цілорічним розпорядком праці, то об’єм складів визначається залежно від розпорядку відвантаження річної продукції.

Для фракції (20..40) мм об’єм складу Vск [7]:

(7.79)

де – річна продуктивність заводу по фракції (20…40) мм, м3/рік;

N=358 – тривалість сезону відвантаження, дні, [7].

Для фракції (10..20) мм об’єм складу Vск [7]:

(7.77)

де – річна продуктивність заводу по фракції (10…20) мм, м3/рік.

Для фракції (5…10) мм об’єм складу Vск [7]:

(7.78)

де – річна продуктивність заводу по фракції (5…10) мм, м3/рік.

Для фракції (0,14…5) мм об’єм складу Vск [7]:

(7.79)

де – річна продуктивність заводу по фракції (0,14…5) мм, м3/рік.

Склад штабельно-естакадний, розташований вздовж залізничних шляхів. Постачання продукції на склад – конвеєрами з пересувною скидаючою тачкою. Відвантаження – екскаваторне. Для збереження якості готової продукції на складах передбачається розділювальні сітки.

**7.12 Утилізація відходів**

Проведений розрахунок якісно-кількісної схеми показав, що вихід готової продукції становить 75 %, а у відходи йде 25 %. Завданням передбачено розробити технологію переробки та збагачення щебеню з виходом готової продукції не менше 95 %. Для забезпечення заданого виходу готової продукції необхідно передбачити утилізацію відходів підприємства.

7.12.1 Вихід операції 22:

γ22 =γ4+ γ10+ γ19=0,113+0,017+0,086=0,244.

7.12.2 Характеристика крупності продукту по операціях 4,10,19,22:

γ4-20= γ2-20·Е2-20=0,13·0,87=0,122;

γ4-10= γ2-10·Е2-10=0,08·0,99=0,089;

γ4-5= γ2-5·Е2-5=0,06·0,99=0,059;

γ4-0,14= γ2-0,14·Е2-0,14=0,01·0,99=0,0099;

γ10-10= γ8-10·Е5-10=0,04·0,9=0,036;

γ10-5= γ8-5·Е5-5=0,02·0,99=0,0198;

γ10-0,14= γ8-0,14·Е5-0,14=0,005·0,99=0,0049;

γ19-5= γ17-5·Е9-5=0,086·0,99=0,0851;

γ19-0,14= γ17-0,14·Е9-0,14=0,026·0,99=0,0257;

γ22-20=γ4-20+ γ10-20+ γ19-20=0,122+0+0=0,122;

γ22-10=γ4-10+ γ10-10+ γ19-10=0,089+0,036+0=0,125;

γ22-5=γ4-5+ γ10-5+ γ19-5=0,059+0,0198+0,0851=0,064;

γ22-0,14=γ4-0,14+ γ10-0,14+ γ19-0,14=0,0099+0,0049+0,0257=0,0405.

7.12.3 Фракційна ефективність грохочення:

Е10-d=1-(1-E10)(d/10)c,

де К10=3,222· lg (γ22-10/γ22-5)=3,222· lg(0,125/0,164)=0,38;

С=К10 Е10/(1-Е10)=0,38·0,97/(1-0,97)=12,29;

Е10-10=1-(1-0,97)(10/10)21,34=0,97;

Е10-5=1-(1-0,97)(5/10)21,34=0,99;

Е10-0,14=1-(1-0,97)(0,14/10)21,34=1,00.

7.12.4 Вихід щебеню фракції (5-10) мм операції 24:

γ24= γ22-( γ25+ γ22-5 ·Е9 -5)=0,244-(0,121+0,064·0,99)=0,058.

Отримане значення не має змісту. Фізично це пояснюється так: після утилізації вихід фракції (10-20) мм γ24=0, тобто цієї фракції у відходах немає.

7.12.5 Вихід щебеню фракції (10-20) мм операції 25:

γ25= γ22- γ22-10 ·Е10-10=0,244-0,125·0,97=0,121.

7.12.6 Вихід готової продукції з обліком утилізації відходів:

γготу=γ24+ γ25=0+0,123=0,121.

7.12.7 Вихід фракції (0-5) мм:

γ23= γ22-5·Е10-5= γ22- γготу=0,244-0,121=0,123.

7.12.8 Товарна класифікація для випуску подрібненого піску із відсіву:

γ27= γ23·Е11=0,121·0,65=0,079.

де Е11=0,65 - загальна ефективність товарної класифікації .

7.12.9 Вихід відходів після класифікації:

γ26 =γ23- γ27=0,123-0,079=0,044.

7.12.10 Вихід товарної фракції (10-20) мм :

Вихід з урахуванням утилізації відходів:

γ(10-20)= γ21+ γ25=0,41+0,123=0,533.

7.12.11 Вихід готової продукції з урахуванням утилізації відходів:

γготу= γ18+ γ(5-10)+ γ(10-20) +γ27=0,27+0,074+0,533+0,079=0,956.

7.12.12 Перевірка товарного балансу технологічної схеми

γ1= γ готу+ γ26=0,956+0,044=1,000.

**ВИСНОВКИ**

1. Виявлені запаси гірничої маси становлять 10 млн. м3, що забезпечує роботу заводу протягом 37 років з продуктивністю 250000 м3/рік.

2. Для забезпечення продуктивності ДСЗ 270000 м3/рік необхідна кількість гірничої маси з кар’єру становить м3/рік.

3. Обрано трьохстадійну технологічну схему ДСЗ, з обов’язковим попереднім грохоченням перед кожною стадією.

4. Режим роботи ДСЗ обґрунтовано та обчислено та становить 5164 год., а годинна продуктивність операції – 52 м3/год.

5. Розрахунок якісно-кількісної схеми показує, що вихід готової продукції становить 75 %, а на відходи йде 25 %.

6.При проектуванні ДСЗ передбачена утилізації мокрим способом, що дозволяє збільшити вихід готової продукції від 75 до 95,6 %, що зменшує відходи.

**ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

1. Звіт може бути використаний як основа для проектування ефективного використання ресурсів на підприємствах переробки гірських порід та утилізації відходів виробництва. Використання в математичній моделі емпіричних рівнянь може призвести до спотворення результатів моделювання. Дана модель потребує експериментальної бази.

2. Аналіз розрахунків сприяє гнучкому вибору і обґрунтуванню технологічних схем переробки та збагачення будівельних гірських порід для конкретних виробничих умов виробництва.

3. Розрахунок технологічної схеми ДСЗ та вибір обладнання є трудомістким і займає багато часу, тому застосування обчислювальної техніки дає змогу суттєво скоротити час і підвищити продуктивність розрахунку

**ДОДАТОК А**

Універсальний десятинний класифікатор

622. – гірнича справа

.732 – дроблення

.742 – грохоти, решета, сита для збагачення

.621 – загальне машинобудування, ядерна техніка, електротехніка, механічна технологія в цілому

.564 – брущатка, щебінь

.553 – вивчення родовищ корисних копалин

.926 – обладнання для дроблення та подрібнення твердих матеріалів

.08 – степінь дроблення або зменшення крупності

**ДОДАТОК Б**

Код продукту визначаємо з ДКПП 016-97

29 – машинне устаткування

.52 – машини та устаткування для добування в промисловості та будівництві

.40 – машини для оброблення мінеральних матеріалів

.330 – машини для сортування, подрібнення, змішування та таке інше

14 – матеріали неенергетичні, продукція добувної промисловості інша

.2 – пісок та глина

.21 – пісок та гравій

.1 – пісок та гравій

**ДОДАТОК В**

**Фракційний склад вхідної гірничої маси**

Таблиця А.2 - Фракційний склад вхідної гірничої маси

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Розмір фракції,  мм | Вихід фракції,  в.о | Розмір фракції,  мм | Вихід фракції,  в.о |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0…0,14 | 0,01 | 0…70 | 0,18 |
| 0…5 | 0,06 | 0…100 | 0,25 |
| 0…10 | 0,09 | 0…200 | 0,58 |
| 0…20 | 0,15 | 0…300 | 0,80 |
| 0…40 | 0,16 | 0…500 | 1,00 |

**ДОДАТОК Г**

**Таблиці,необхідні для розрахунку**

Таблиця Г.1 – Ефективність операцій грохочення [1]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Найменування операції | Тип обладнання | Ефективність грохочення, % |
| 1 | 2 | 3 |
| Попереднє грохочення перед першою стадією подрібнення | Колосниковий нерухомий грохот  Інерційний грохот | 60…70  70…85 |
| Те ж саме перед другою стадією подрібнення | Вібраційний грохот | 85…90 |
| Кінцеве товарне грохочення, грохочення в замкненому циклі | Інерційний грохот  Вібраційний грохот | 90…98  90…98 |
| Класифікація | Спіральний класифікатор | 60…70 |
| Промивання | Коритні і вібраційні промивочні мийки | 85…95 |

Таблиця Г.2 – Поправочний коефіцієнт на крупність матеріалу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Склад у живленні фракцій крупніше 0,5В, % | 5 | 10 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Ккр | 1,10 | 1,08 | 1,05 | 1,04 | 1,03 | 1,00 | 0,97 | 0,95 | 0,92 | 0,89 |

Таблиця Г.3 – Поправочний коефіцієнт на дробимість матеріалу

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Категорія міцності породи | Тимчасовий опір на стиснення, МПа | Коефіцієнт дробимості |
| 1 | 2 | 3 |
| Особливо міцні | більше 250 | 0,80 |
| Міцні | 200…250 | 0,85 |
| Міцні | 180…200 | 0,90 |
| Міцні | 150…180 | 0,95 |
| Середньої міцності | 60…150 | 1,00 |
| Нижче середньої міцності | менше 60 | 1,20 |

Таблиця Г.4 – Поправочний коефіцієнт на вологість дробимого матеріалу, який містить комкуючу дрібницю

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вологість матеріалу, % | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Кв | 1,00 | 1,00 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,77 | 0,65 |

Таблиця Г.5 – Значення коефіцієнта е, %

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип грохота | Щебінь | Гравій |
| Горизонтальний з напрямленими коливаннями | 89 | 91 |
| Горизонтальний з коловими коливаннями | 86 | 87 |

Таблиця Г.6 – Значення коефіцієнтів , ,

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кут нахи­лу, град |  | Вміст зерен нижньо­го класу у вихідному матеріалі, % |  | Вміст у нижньому класі зерен розміром, меншим за половину розміру отво­ру сита, % |  |
| 0 | 1,0 | 20 | 0,86 | 20 | 0,9 |
| 9 | 1,07 | 30 | 0,9 | 30 | 0,95 |
| 12 | 1,05 | 40 | 0,95 | 40 | 0,98 |
| 15 | 1,03 | 50 | 0,97 | 50 | 1,0 |
| 18 | 1,0 | 60 | 1,0 | 60 | 1,01 |
| 21 | 0,96 | 70 | 1,02 | 70 | 1,03 |
| 24 | 0,88 | 80 | 1,03 | 80 | 1,04 |

**ДОДАТОК Д**

Рисунок Д.1 - Типова характеристика крупності продуктів подрібнення.

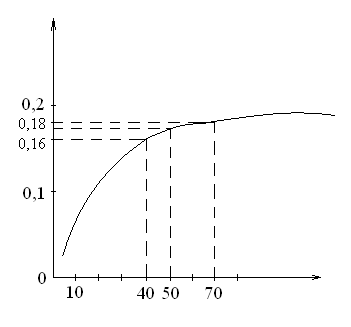


Рисунок Д.2 - Вміст у живленні зерен більше отвору сита.

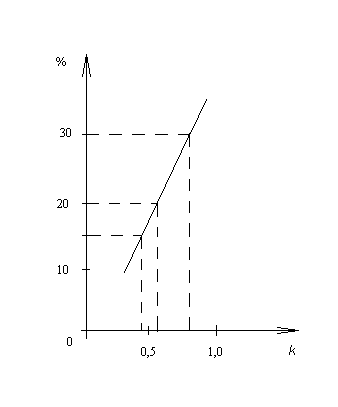


Рисунок Д.3 - Вміст в живленні зерен менше розміру отвору сита

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1 . Справочник (кадастр) физических свойств горных пород. Под ред. Н. В. Мельникова, В. В. Ржевского, М. М. Протодьяконова. М., «Недра», 1975. 279 с.

2. ДСТУ Б В. 2.7-34-2001 “Щебінь для будівельних робіт із скельних гірських порід та відходів сухого магнітного збагачення залізистих кварцитів гірничо-збагачувальних комбінатів і шахт України”, дійсний.

3. ДСТУ Б В.2.7-76-98 “Будівельні матеріали. Пісок для будівельних робіт з відсіву подрібнення скельних|скельних| гірських|гірничих| порід гірничо-збагачувальних комбінатів України”, дійсний.

4. ГОСТ 7084-91. Дробилки щёковые. Технические условия.

5. ГОСТ 6937-91К. Дробилки конусные. Технические условия.

6. Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов / [ Абрамсон В.Ш., Аксенов В.С., Андронников И.К. и др. ] – Л.: Строиздат, 1977. – 368 с.

7. Ляшенко В.Г. Справочник по оборудованию предприятий нерудных материалов. – К.: Будивельник, 1982. – 120 с.

8. ГОСТ 23788-79. Грохоты инерционные. Общие технические условия.

9. ГОСТ Р 51803-2001. Конвейеры строительные передвижные ленточные.