

**Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"**

Механіко-машинобудівний факультет
(факультет)

Кафедра Збагачення корисних копалин
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
дипломної роботи**

галузь знань 18 Виробництво та технології
(шифр і назва галузі знань)

спеціальність 184 Гірництво
(код і назва спеціальності)

спеціалізація Збагачення корисних копалин
(назва спеціалізації)

освітній рівень магістр
(назва освітнього рівня)

кваліфікація 2147.2 Інженер – технолог (гірничий)
(код і назва кваліфікації)

на тему:

Розробка регламенту роботи устаткування для важкосередовищного збагачення кімберлітів.

Виконавець:

студент_6_курсу, групи_184м – 16ммф

Нето Жоао Мануэл Ранді
(підпис) (прізвище, ім'я, по-батькові)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
роботи			
розділів:			
Технологічний	Проф. Младецький І.К.		
Спецрозділ	Проф. Младецький І.К.		
Охорона праці	проф. Чеберячко С.І.		

Рецензент	доц. Ганкевич В.Ф.		
------------------	--------------------	--	--

Нормоконтроль	доц. Левченко К.А.		
----------------------	--------------------	--	--

2018
Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
Збагачення корисних копалин
(повна назва)
Левченко К.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 2017 року

ЗАВДАННЯ
на виконання кваліфікаційної роботи магістра
спеціальності 184 Гірництво
(код і назва спеціальності)
спеціалізації Збагачення корисних копалин
студенту 184м – 16 – 2ММФ Нето Жоао Мануел Ранді
(група) (прізвище та ініціали)

Тема дипломної роботи: Розробка регламенту роботи устаткування для важкосередовищного збагачення кімберлітів

1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Наказ ректора ДВНЗ "НГУ" від _____ № _____

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Об'єкт досліджень Технологія збагачення алмазовміщуючої сировини

Предмет досліджень збагачення кімберлітів у важкому середовищі

Мета НДР Обґрунтування режимних параметрів важкосередовищної установи

Вихідні дані для проведення роботи Технологічний регламент роботи збагачувальної фабрики гірничорудного підприємства "Катока"

3 ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

Наукова новизна _____

Практична цінність_обґрунтовані технологічні показники розділення у важкосередовищному гідроциклоні, що дозволяє удосконалити технологію збагачення алмазовміщуючої сировини_____

4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
Технологічний	01.10.17 ... 31.10.17
Спеціальна частина	01.11.17 ... 30.11.17
Охорона праці	01.12.17 ... 31.12.17

6 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект_ Підвищиться вилучення мінералів важкої фракції, а значить і алмазів, що забезпечить зниження їх втрат. Крім того зниження щільності суспензії розділення дозволить використовувати в якості обважнювача магнетит, замість феросиліцію, який значно дорожче.____

Соціальний ефект_____

7 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

Завдання видав _____ Младецький І.К.____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Нето Жоао Мануел Ранді
(підпис) (прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: _____

Термін подання дипломної роботи до ЕК _20 січня 2018 року__

ВВЕДЕНИЕ

В начале этого века на обогатительной фабрике ГРО «Катока» произведены лабораторные исследования узла гравитационного обогащения руды крупностью $-5+1,4$ мм. Ранее действующая технологическая схема на базе отсадочных машин МО-105А осталась неизменной в качестве резервной схемы: 4 машины на основной стадии и одна машина МО-102 на пересортировке концентрата вторых камер МО-105А. Здание, где расположена отсадка, было расширено путем пристройки к нему новой этажерки на тех же уровнях, с размерами основания 6×12 метров. В новом здании была смонтирована установка тяжелосреднего обогащения (ТСУ) производительностью 30 т/час. Проект установки, включая здание, а также комплектацию и поставку оборудования, выполнила фирма «Бейтман», ЮАР

Исследуемая гравитационная схема обогащения включает отсадку, в качестве основной операции, и пересортировку концентратов отсадки методом тяжелосредней сепарации. Эта схема принципиально не отличается от аналогичных схем, которые используются, например, на фабриках № 3 и № 14 АК«АЛРОСА». Назначение ТСУ, тоже аналогичное, – получить кондиционный концентрат с гравитационной схемы для последующей доводки рентгенолюминесцентной сепарацией.

Вопрос об эффективности использования процесса тяжелосредней сепарации при обогащении руды трубки «КАТОКА» до настоящего времени был дискуссионным, что связано со сложным составом руды и отличием ее свойств от преобладающей массы кимберлитов на других проектах.

Первые опыты исследования ТСУ дал положительный результат, в частности показал сравнительно небольшой удельный расход ферросилиция и хорошее качество концентрата.

Работа, в которой принимал участие автор была посвящена доводке результатов исследований с целью уточнения параметров технологического процесса тяжелосреднего обогащения кимберлитовой руды.

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КИМБЕРЛИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТРУБКА «КАТОКА» И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ ОБОГАЩЕНИЯ

1.1 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КИМБЕРЛИТОВ

Месторождение алмазов трубки «Катока» имеет сложное строение. В кимберлитах, слагающих трубку, выделяют несколько их типов: кимберлитовые брекчии с массивной текстурой цемента (КБМ); автолитовые кимберлитовые брекчии (АБК); кимберлитовые туфы, туфобрекчии и туфогравелиты с прослоями туфопесчаников (КТБ); песчаники, туфопесчаники, туфоалевролиты, аргиллиты (ВОП); кимберлитовые породы переходной зоны (ЗП) и кимберлитовые породы зоны, подстилающей вулканогенно-осадочный комплекс, обильно насыщенный ксенолитами вмещающих гнейсов, – так называемой «зоной ксенолитов» (КС).

Кимберлитовое тело прорывают гнейсовые породы. До глубины 120-140 м оно крутопадающее (75-80°) к горизонту. На глубине 150-200 м оно на протяжении 100-110 м выполаживается до 40-45°, затем опять круто (80-85°) погружается на глубину.

Преобладающим типом руды на данном этапе отработки месторождения являются кимберлитовые брекчии (КБМ). Они имеют зеленовато-серый цвет, изменяющийся местами на коричнево-красный и фиолетовый. Состав основной массы кимберлитов карбонатно-серпентиновый. Порфиновые выделения представлены псевдоморфозами серпентина по оливину (70-80%), флогопитом (5-15%), зернами пикроильменита, пирропа, циркона, хромдиопсида. В меньшем количестве они содержат магнетит, кальцит, магнезит, гидроокислы железа.

В верхней части трубки кимберлиты имеют бурую окраску, интенсивно выветрелые, малопрочные. С глубиной их прочность возрастает.

Резкой границы между кимберлитовой брекчией и вулканогенно-осадочными породами нет. В месте контакта кимберлиты приобретают полосчатую текстуру, в их составе появляется примесь глинистого и песчаного материалов. Окраска изменяется от зеленовато-серой до коричнево-красной.

Содержание алмазов в кимберлитах трубки “Катока“ чрезвычайно неравномерное. 95% их относится к I разновидности (по Ю. Орлову), остальные к VIII и IX разновидности (борт).

Основную массу минералов тяжелой фракции составляют пикроильменит, пироксены, гранат и циркон.

Пикроильменит. Обычно встречается в виде неправильных округлых или угловатых зерен, а также обломов. Довольно часто с поверхности покрывается буроватым налетом гидроокислов железа (лимонита) и, возможно, тонкодисперсным магнетитом. Спайность не характерна. Установлены как монокристаллические образования, имеющие неровный раковистый излом, так и агрегатные, для которых характерен зернистый излом. Непрозрачный. Блеск металлический или металловидный. Цвет железисто-черный. Черта также черная или буроватая. Магнитные свойства минерала колеблются в широких пределах: от сильномагнитных (такие зерна “тянутся“ за железной иглой) до слабомагнитных.

Гранаты пиропового ряда представлены прозрачными до просвечивающих (характерно для сильно трещиноватых разновидностей) округлыми, овальными, часто уплощенными зернами или их обломками. Магматическая поверхность кристаллов – леденцовая, матовая, переходящая в шагрень и далее до каплевидного и мелкобугорчатого рельефа. Келифитовые каймы на них отсутствуют. Цвета фиолетовый, лиловый, малиновый, красный, оранжевый и желтый. Твердость более 7. Видимая спайность отсутствует. Излом неясно раковистый до неровного. Блеск

стеклянный. Хрупкие. Преобладают сильнотрещиноватые (многочисленные поверхностные и глубокие трещины). Магнитные свойства колеблются в зависимости от содержания в гранатах железа. Гранат выделяется в магнитные фракции, обладающие средней и слабой магнитной восприимчивостью. Гранаты пиропового ряда содержат включения других минералов, среди которых наиболее часто встречается хромдиопсид.

Хромдиопсид встречается в виде изумрудно-зеленых, бутылочно-зеленых удлиненно-призматических кристаллов, часто с характерными пирамидально-черепитчатым рельефом поверхности. Как правило, подвергается постмагматическим изменениям с образованием по периферии зерна белых примазок или корочек тонкокристаллического кальцита. Спайность совершенная как минимум в нескольких направлениях. Излом неровный. Блеск стеклянный.

Циркон обычно имеет желтую, светложелтую окраску и представлен поврежденными или расколотыми прозрачными кристаллами или их обломками призматического габитуса с незначительной трещиноватостью. Наблюдаются прямые сколы по несовершенной спайности $\{110\}$. Поверхность граней матированная. По некоторым из них фиксируется раковистый излом. Твердость более 7. Блеск алмазный. Черта бесцветная. Немагнитный. Люминесцирует под действием рентгеновских лучей.

Флогопит характеризуется светло-желтовато-бурыми, бледно-зелеными, зелеными кристаллами таблитчатого псевдогексагонального короткопризматического облика, обычно имеющих округлые очертания. Или отдельными листочками. Спайность весьма совершенная по направлению $\{110\}$. При надавливании иглой кристаллы флогопита легко расщепляются по спайности на отдельные гибкие тонкие чешуйки. Блеск стеклянный, на плоскостях спайности перламутровый, жирный. Твердость не более 3. Слабомагнитный. Прозрачный до просвечивающего.

Магнетит содержится в незначительном количестве в виде мелких неправильной формы зерен. Спайность отсутствует. Излом неясно-рако-

вистый, неровный. Хрупкий. Блеск металлический или матовый полуметаллический. Цвет железисто-черный. Черта черная. Непрозрачный. Сильномагнитный.

Кальцит встречается в кристаллах в виде ромбоэдров, зернистых массах, а также в виде корочек. Цвет белый, розовато-красный, часто бесцветный. Спайность весьма совершенная по {1011}, соответствующая граням ромбоэдра. Излом раковистый. Твердость 3. Блеск стеклянный или перламутровый. Черта белая. Прозрачный до просвечивающего. Немагнитный. Сильно люминесцирует в катодных и рентгеновских лучах.

Магнезит образует тонкозернистые корочки или неправильно изометричные зерна. Цвет белый, иногда с красновато-буроватым оттенком. Блеск матовый. Излом неровный. Хрупкий. Просвечивающий до прозрачного.

Гидроокислы железа представлены скрытокристаллическими или металлоидными разновидностями, а именно гидрогетитом (лимонитом). Встречаются в виде коричневато-бурых, охристо-желтых корковидных пористых и землистых образований. Наблюдаются примазки гидроокислов железа по зернам пикроильменита, магнетита и по частицам карбонатных пород. Излом неправильный, для плотных образований раковистый. Непрозрачные. Магнитные свойства колеблются в зависимости от степени изменения первичных минералов, в результате разрушения которых они образовались.

1.2 ОБОГАЩЕНИЕ РУДЫ ТРУБКИ «КАТОКА»

Обогащение руды трубки «Катока» осуществляется по следующей технологической схеме. Исходная руда доставляется из карьера на фабрику автосамосвалами и разгружается на решетки бункеров, с размером отверстий решета 400x400 мм. Верхний продукт решета при перелопачивании фронтальным погрузчиком частично дробится, частично вывозится на склад крупнокусковой руды. Нижний продукт из бункера пластинчатым питателем подается в мельницы мокрого самоизмельчения ММС–50x23. Продукт разгрузки мельниц поступает на обезвоживание и обесшламливание в спиральные классификаторы с непогруженной спиралью 1КСН-24М. Пески классификаторов подвергаются рассеву на классы крупности $-25+13$, $-13+5$ и $-5+1,4$ мм на грохотах 6-го типоразмера, производства фирмы «Вибромех». Для извлечения алмазов из верхнего и среднего по крупности продуктов установлены рентгенолюминесцентные сепараторы ЛС-20-04-2М и ЛС-20-05М, работающие по двухоперационной схеме – основная и перечистная сепарации. Рудный материал класса $-5+1,4$ мм подают на отсадочные машины МО-105, работающие в надрешетном режиме. Концентраты вторых камер этих машин ранее подвергались перечистке на отсадочной машине МО-102. С внедрением ТСУ концентраты первых и вторых камер отсадки обогащают тяжелосредней сепарацией, и концентрат ТСУ направляют на доводку на рентгенолюминесцентные сепараторы ЛС-Д-4 и ЛС-Д-4-03. Далее концентраты подвергаются сушке, рассеву и рентгенолюминесцентной сепарации на аппаратах ЛС-ОД4-04 или РМДС-4М, концентраты которых передают в цех окончательной доводки. Хвосты доводочных сепараторов поступают на схему магнитной сепарации (сепараторы ЭБМ-90/60 и 2ЭБМ-36/100), далее немагнитная фракция – в ММС, а магнитная – в отвал.

Хвосты ТСУ поступают в пульподелитель и могут быть направлены или в отвальные хвосты фабрики, или на доизмельчение в ММС.

Отвальными продуктами фабрики являются хвосты основных отсадочных машин МО-105 и магнитные фракции магнитных сепараторов крупностью $-5+1,4$ мм, нижние продукты рассева на грохотах 2-й стадии, класс $-1,4$ мм, сливы обезвоживающих и обесшламливающих спиральных классификаторов, обезвоживающей воронки - пульподелителя.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА ТЯЖЕЛОСРЕДНОЙ СЕПАРАЦИИ И ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТСУ ДЛЯ ПЕРЕЧИСТКИ КОНЦЕНТРАТОВ ОТСАДОЧНЫХ МАШИН МО-105А

Для изучения эффективности тяжелосредной сепарации на перечистке концентратов отсадки МО-105А при различных режимах проведены три серии технологических испытаний при производительности ТСУ соответственно 16-18 т/ч, 20-22 т/ч и 26-28 т/ч на четырех разных плотностях рабочей суспензии – 2,65; 2,50; 2,30 и 2,10-2,20 г/см³ и одна серия экспериментов – при трех разных содержаниях минералов тяжелой фракции в питании ТСУ. Плотность рабочей суспензии задавалась по компьютеру и поддерживалась автоматическом режиме с помощью радиоизотопного плотномера и периодически контролировалась весовым методом. Также по компьютеру с помощью весового питателя устанавливалась и поддерживалась в автоматическом режиме заданная производительность ТСУ. Эффективность тяжелосредной сепарации оценивалась по извлечению в концентрат минералов тяжелой фракции плотностью более 2,9 г/см³ путем деления проб продуктов обогащения в тяжелой жидкости М-45, а также по извлечению гранатов (плотность 3,6-3,8 г/см³) и пироксенов (плотность 3,2-3,5 г/см³).

2.1 ТРАССЕРНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА ТЯЖЕЛОСРЕДНОЙ СЕПАРАЦИИ

Перед началом проведения технологических испытаний для предварительной оценки показателей процесса обогащения в тяжелой суспензии произведен трассерный контроль с использованием имитаторов кубической формы размером 2; 4 и 8 мм различной (фиксированной)

плотности – 2,90; 2,95; 3,00; 3,05; 3,10; 3,15; 3,20; 3,30; 3,40 и 3,53 г/см³. Исследования проведены при разной плотности рабочей среды – 2,13; 2,30; 2,50 и 2,65 г/см³. Трассеры загружались в смесительную камеру в циркулирующую по схеме суспензию. Имитаторы, поступающие в гидроциклон, разделяются по плотности. Руда в это время в процесс не подавалась. Улавливание трассеров осуществлялось в приемники, установленные на разгрузке отмывочных грохотов. На рисунках 2.1 и 2.2 приведены результаты трассерного контроля технологического процесса обогащения в тяжелосредном гидроциклоне. Анализ кривых обогатимости Тромпа показывает, что с уменьшением плотности рабочей среды с 2,65 до 2,50 и 2,30 г/см³ плотность разделения по трассерам размером 8 мм снижается с 3,25 до 3,16 и 3,06 г/см³ (рис.2.1). Среднее вероятное отклонение (E_{pm}) получено достаточно высокое и составляет соответственно 0,026; 0,030 и 0,022 г/см³.

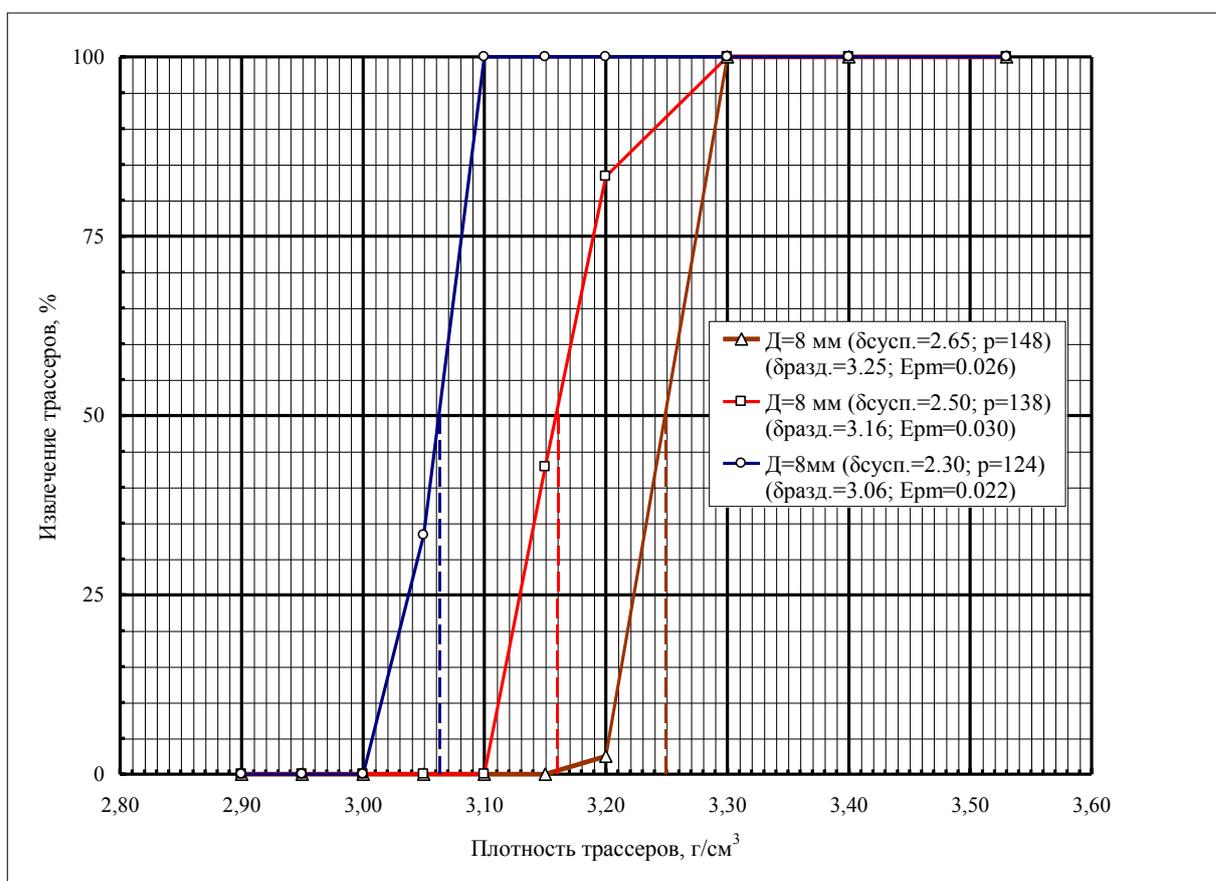


Рисунок 2.1 – Кривые Тромпа при различной плотности рабочей суспензии для трассеров крупностью 8 мм

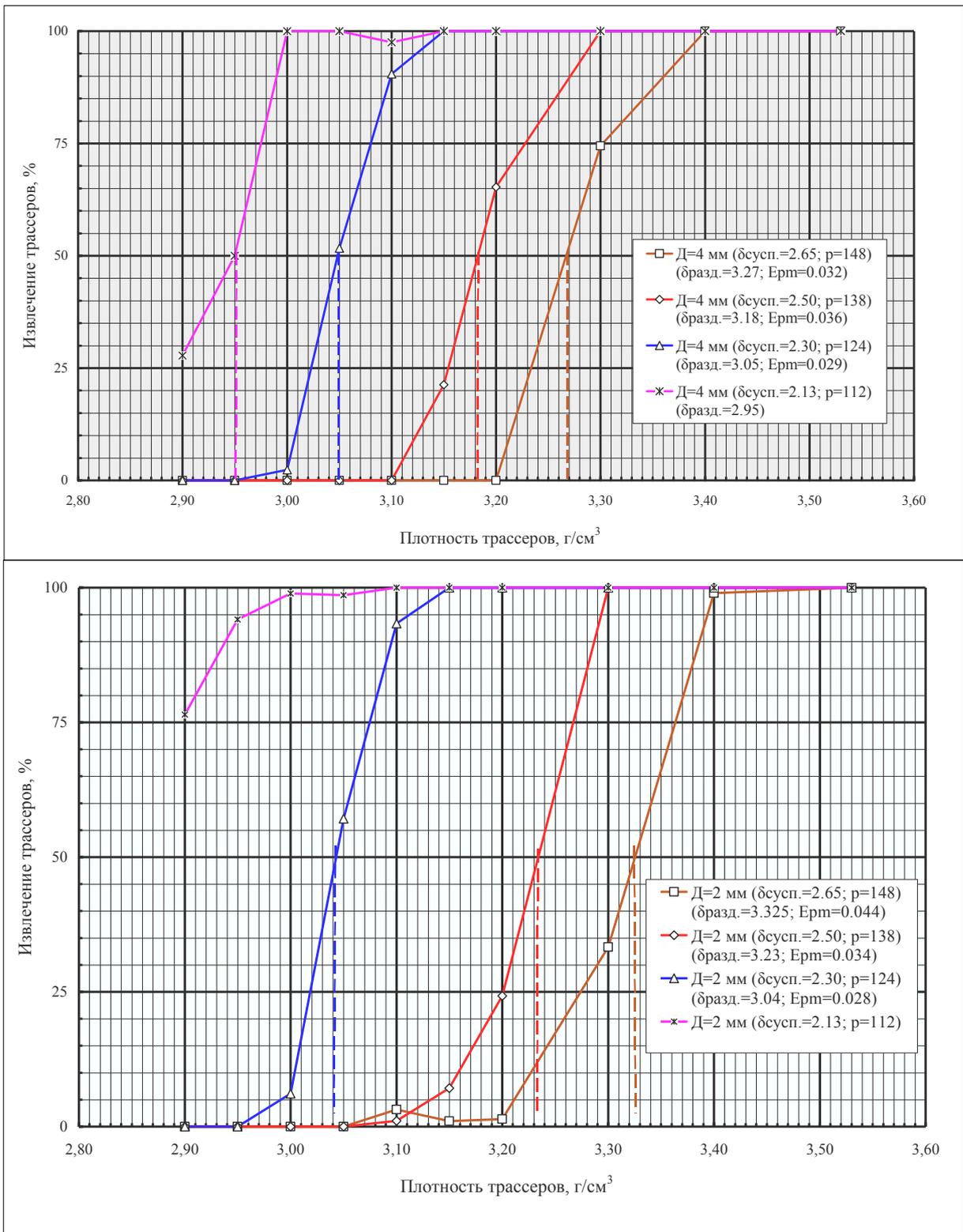


Рисунок 2.2 – Кривые Тромпа при различной плотности рабочей суспензии для трассеров крупностью 4мм и 2мм

Для трассеров крупностью 4 мм и 2 мм снижение плотности с 2,65 до 2,30 г/см³ ведет к уменьшению плотности с 3,27 до 3,05 г/см³ и с 3,325 до 3,04 г/см³ соответственно (рис.2.2). Среднее вероятное отклонение

несколько возрастает, но оно остается на сравнительно высоком уровне – 0,032-0,029 и 0,044-0,028 г/см³. При этом на плотностях рабочей суспензии 2,65 и 2,50 г/см³ прослеживается зависимость увеличения плотности разделения на 0,07-0,075 г/см³ и ухудшения точности разделения (E_{pm} повышается до 0,036-0,044 г/см³) при уменьшении крупности трассеров с 8 до 2 мм.

При плотности рабочей суспензии 2,30 г/см³ плотность разделения трассеров разного размера в тяжелосредном гидроциклоне практически не изменяется (остается на уровне 3,06 - 3,04 г/см³), а качество сепарации также несколько ухудшается – E_{pm} повышается на 0,06-0,07 г/см³ (см. рис.2.1, 2.2). При плотности рабочей среды 2,13 г/см³ построить кривые Тромпа не удалось в связи с отсутствием в забрасываемых трассерах фракции плотностью менее 2,9 г/см³. Кроме того, имитаторы размером 4 и 8 мм и плотностью 2,9; 2,95 и 3,0 г/см³ на 63-83% и 98-100% «зависали» в гидроциклоне, т.е. не выходили ни в пески, ни в слив. Это, по нашему мнению, указывает на не достаточно устойчивый режим работы тяжелосредного гидроциклона на данной плотности суспензии и вызван, по всей вероятности, снижением величины центробежной силы потока за счет уменьшения давления на входе в гидроциклон до 112 кПа. Следует, что давление гидросмеси обеспечивается высотой уровня суспензии и ограничено высотой сливного порога в смесительной камере ТСУ. Следовательно, чем ниже плотность рабочей суспензии, тем меньше давление на входе в гидроциклон. Так, уменьшение плотности рабочей среды с 2,65 до 2,13 г/см³ обуславливает снижение указанного давления в 1,3 раза – со 148 до 112 кПа.

2.2 ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ РАБОЧЕЙ СУСПЕНЗИИ ТСУ НА ПОКАЗАТЕЛИ ТЯЖЕЛОСРЕДНОЙ СЕПАРАЦИИ

Как уже было отмечено выше, для изучения режимов работы тяжелосредного гидроциклона проведены три серии экспериментов при четырех

различных значениях плотности рабочей среды и на трех разных уровнях по производительности ТСУ.

В связи с тем, что содержание минералов тяжелой фракции плотностью более $2,9 \text{ г/см}^3$ в питании ТСУ (концентраты отсадки МО-105) в периоды испытаний изменялась в широких пределах – от 23 до 64%, выход материала в концентрат ТСУ приводится как в % от нагрузки по питанию (% по операции), так и в % от содержания минералов тяжелой фракции в питании (т.е. выход материала в концентрат по операции делится на содержание тяжелой фракции в питании). При проведении испытаний было выявлен неустойчивый режим работы тяжелосредного гидроциклона при плотности суспензии $2,10\text{-}2,12 \text{ г/см}^3$ и давлении 111-113 кПа (как это было отмечено при трассерном контроле процесса), который проявлялся в нестабильной его работе – выход концентрата скачкообразно менялся в широких пределах. Это было подмечено при нагрузках на ТСУ 16-18 т/ч и 20-22 т/ч и плотности рабочей среды $2,10$ и $2,12 \text{ г/см}^3$ – в одном случае выход концентрата составил 122 % от содержания тяжелой фракции в питании, в другом случае – в 2,5 раза больше – 307%. На производительности 26-27 т/ч гидроциклон вообще не смог работать на такой плотности рабочей среды и поэтому эксперимент провели на самой меньшей плотности суспензии, равной $2,20 \text{ г/см}^3$. Вследствие этого, результаты экспериментов на вышеуказанных плотностях $2,10\text{-}2,12 \text{ г/см}^3$ при построении графиков во внимание не принимались.

Анализ технологических показателей работы тяжелосредного гидроциклона при производительности 16-18 т/ч показывает, что снижение плотности рабочей суспензии с $2,65$ до $2,30 \text{ г/см}^3$ приводит к росту выхода концентрата (по классу $-5+0$ мм) в 1,7 раза с 58 до 99% от содержания тяжелой фракции в питании (рис.2.3). Извлечение в концентрат минералов тяжелой фракции и пироксенов крупностью $-5+1,4$ мм на плотности суспензии $2,65$ и $2,50 \text{ г/см}^3$ составляет 54,7-66,8% и 62,1-74,1% при очень высоком содержании минералов тяжелой фракции в нем – 99,1-99,6%

(табл.2.1). С уменьшением плотности рабочей среды до 2,40-2,30 г/см³ извлечение данных минералов заметно возрастает соответственно до 92,8-97,2% и 88,2-98,3% при незначительном снижении массовой доли тяжелой фракции в концентрате – до 98,3-97,6%. Извлечение гранатов на плотностях суспензии 2,30-2,50 г/см³ практически полное 99,7-100% и лишь при плотности рабочей среды 2,65 г/см³ оно незначительно падает до 97,6% (см. рис.2.1 и табл.2.1). Различие показателей извлечения тяжелой фракции и гранатов по классам крупности -5+2 мм и -2+1,4 мм в основном небольшое в пределах 0,4-3,7%, за исключением опыта на плотности суспензии 2,50 г/см³, где извлечение по тяжелой фракции класса -2+1,4 мм превышает таковое по классу -5+2 мм на 14,4% (рис.2.4, 2.5, см.табл.2.1). Извлечение пироксенов класса -2+1,4 мм на плотностях рабочей среды заметно (на 42,4-46,6%) ниже, чем – класса -5+2 мм, а при работе на плотностях суспензии 2,3-2,40 г/см³ эти отличия уже не столь существенные – 3,3-8,0 %.

По минеральному составу концентраты ТСУ класса -5+2 мм на 39-42 % представлены гранатами, на 31-41% – пироксенами, на 12-24% –

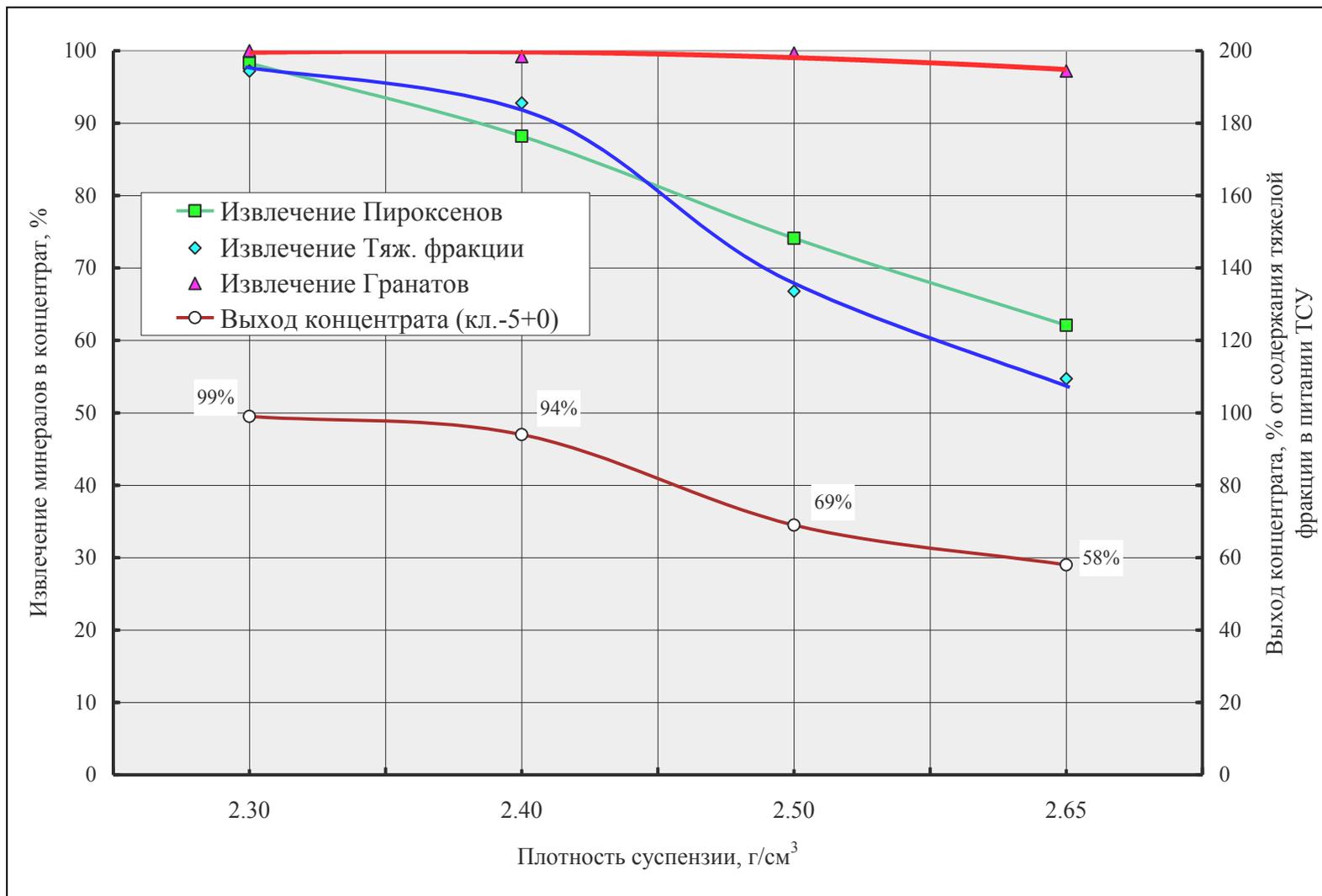


Рисунок 2.3 – Зависимость показателей работы ТСУ от плотности суспензии при производительности 16-18 т/ч (кл. -5+1,4 мм)

Таблица 2.1 - Технологические показатели тяжелосредной сепарации на различной плотности рабочей суспензии при нагрузке 16-18 т/ч (Опыты 1-4; 17.06.04 г. Питание ТСУ - концентраты 1 и 2 камер МО-105А)

	Режим работы ТСУ	Наименование продуктов	Выход продуктов		Ситовая характеристика, % по классам крупности, мм					Содержание минералов тяжелой фракции ($\delta > 2,9 \text{ г/см}^3$), %				Содержание Гранатов, %			Содержание Пироксенов, %		
			т/ч	%	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-1,4+1	-1+0	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-1,4+1	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-5+2	-2+1,4	-5+1,4
Опыт 1	$\delta_c = 2,65 \text{ г/см}^3$ P=145 кПа	Концентрат	4,09	24,8	57,7	24,9	82,6	16,6	0,8	99,7	99,4	99,6	99,2	42,3	51,2	45,0	31,2	12,8	25,6
		Хвосты	12,40	75,2	69,3	19,8	89,1	10,2	0,7	22,9	33,3	25,2	18,4	0,2	1,2	0,4	2,6	12,4	4,8
		Питание	16,5	100,0	66,4	21,1	87,5	11,8	0,7	39,4	52,7	42,6	46,6	9,2	15,8	10,8	8,8	12,5	9,7
Опыт 2	$\delta_c = 2,50 \text{ г/см}^3$ P=135 кПа	Концентрат	4,51	25,4	61,0	24,7	85,7	13,6	0,7	99,1	99,2	99,1	98,6	39,3	46,2	41,3	35,0	16,4	29,6
		Хвосты	13,24	74,6	69,5	18,7	88,2	11,0	0,8	17,2	12,9	16,3	14,8	0,01	0,14	0,04	1,7	9,7	3,4
		Питание	17,74	100,0	67,4	20,2	87,6	11,7	0,8	36,0	39,7	36,9	39,6	9,0	14,4	10,3	9,4	11,8	9,9
Опыт 3	$\delta_c = 2,30 \text{ г/см}^3$ P=124 кПа	Концентрат	11,86	64,2	67,8	20,1	87,9	11,6	0,5	97,2	99,2	97,6	99,2	39,0	50,0	41,5	40,7	15,6	35,0
		Хвосты	6,61	35,8	70,5	17,1	87,6	11,7	0,6	4,6	6,7	5,0	8,2	-	-	-	1,0	1,6	1,1
		Питание	18,5	100,0	68,7	19,0	87,8	11,6	0,6	63,2	69,4	64,5	66,4	24,7	33,9	26,7	26,1	11,1	22,9
Опыт 4	$\delta_c = 2,12 \text{ г/см}^3$ P=113 кПа	Концентрат	9,87	46,8	66,3	20,7	87,0	12,2	0,8	72,7	87,9	76,3	89,7	40,2	49,1	42,3	40,7	16,0	34,8
		Хвосты	11,23	53,2	60,7	24,0	84,6	14,4	1,0	2,4	6,9	3,7	8,6	0,004	0,007	0,005	0,8	1,3	0,9
		Питание	21,10	100,0	63,3	22,4	85,7	13,4	0,9	36,8	41,8	38,2	43,3	19,7	21,2	20,1	20,3	7,6	17,0
	Режим работы ТСУ	Наименование продуктов	Выход продуктов		Распределение материала по продуктам обогащения, %					Извлечение минералов тяжелой фракции ($\delta > 2,9 \text{ г/см}^3$), %				Извлечение Гранатов, %			Извлечение Пироксенов, %		
			т/ч	%	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-1,4+1	-1+0	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-1,4+1	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-5+2	-2+1,4	-5+1,4
Опыт 1	$\delta_c = 2,65 \text{ г/см}^3$ P=145 кПа	Концентрат	4,09	24,8	21,5	29,3	23,4	34,9	27,4	54,5	55,3	54,7	74,3	98,5	94,8	97,2	76,6	30,0	62,1
		Хвосты	12,40	75,2	78,5	70,7	76,6	65,1	72,6	45,5	44,7	45,3	25,7	1,5	5,2	2,8	23,4	70,0	37,9
		Питание	16,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Опыт 2	$\delta_c = 2,50 \text{ г/см}^3$ P=135 кПа	Концентрат	4,51	25,4	23,0	31,0	24,8	29,6	24,2	63,2	77,6	66,8	73,7	99,9	99,3	99,7	85,7	43,3	74,1
		Хвосты	13,24	74,6	77,0	69,0	75,2	70,4	75,8	36,8	22,4	33,2	26,3	0,1	0,7	0,3	14,3	56,7	25,9
		Питание	17,74	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Опыт 3	$\delta_c = 2,30 \text{ г/см}^3$ P=124 кПа	Концентрат	11,86	64,2	63,3	67,8	64,3	63,9	59,7	97,3	96,9	97,2	95,6	100,0	100,0	100,0	98,6	95,3	98,3
		Хвосты	6,61	35,8	36,7	32,2	35,7	36,1	40,3	2,7	3,1	2,8	4,4	-	-	-	1,4	4,7	1,7
		Питание	18,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Опыт 4	$\delta_c = 2,12 \text{ г/см}^3$ P=113 кПа	Концентрат	9,87	46,8	49,0	43,1	47,5	42,8	41,3	96,7	90,6	94,9	88,6	100,0	100,0	100,0	98,0	90,4	9
		Хвосты	11,23	53,2	51,0	56,9	52,5	57,2	58,7	3,3	9,4	5,1	11,4	-	-	-	2,0	9,6	2,2
		Питание	21,10	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

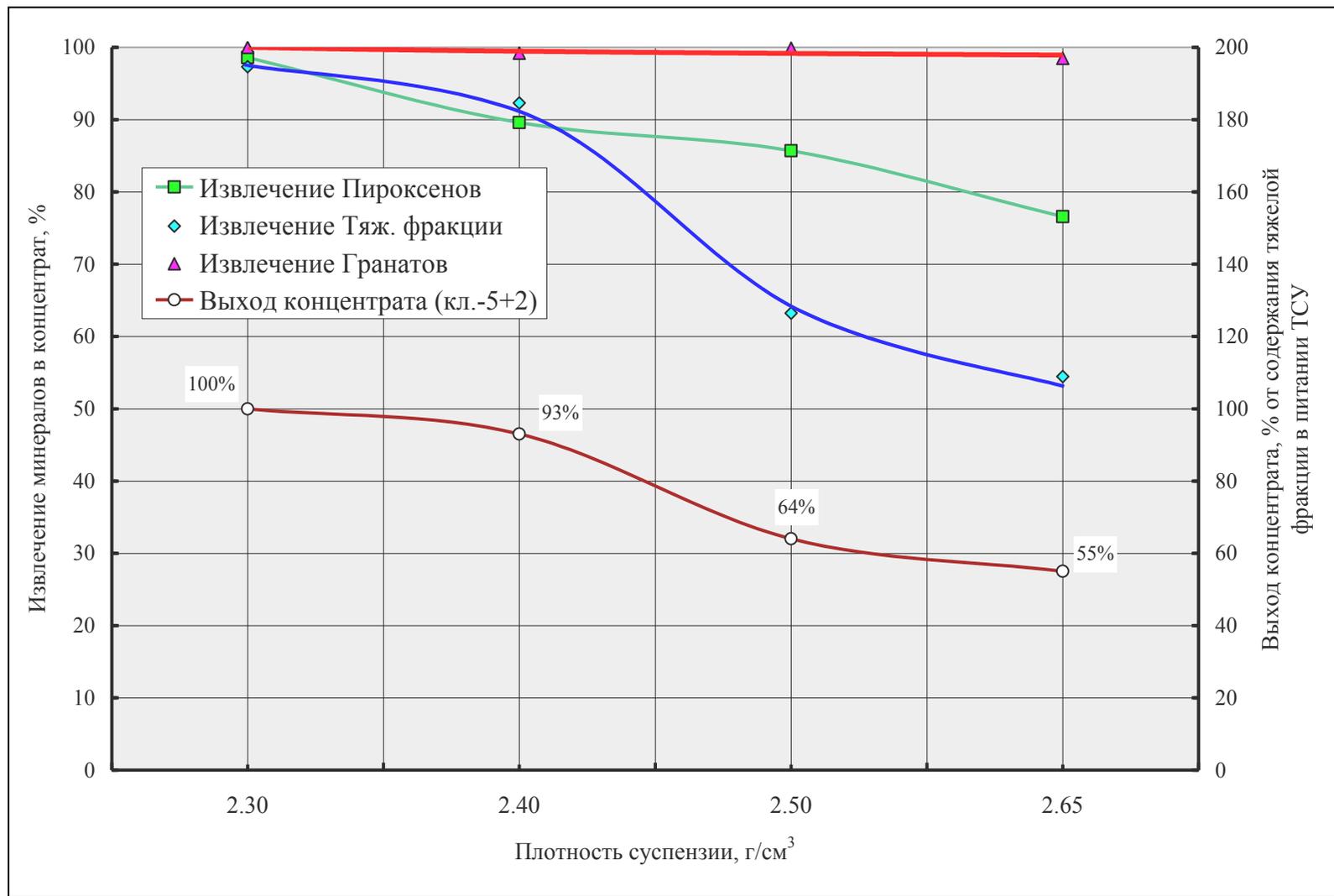


Рисунок 2.4 – Зависимость показателей работы ТСУ от плотности суспензии при производительности 16-18 т/ч (кл. -5+2 мм)

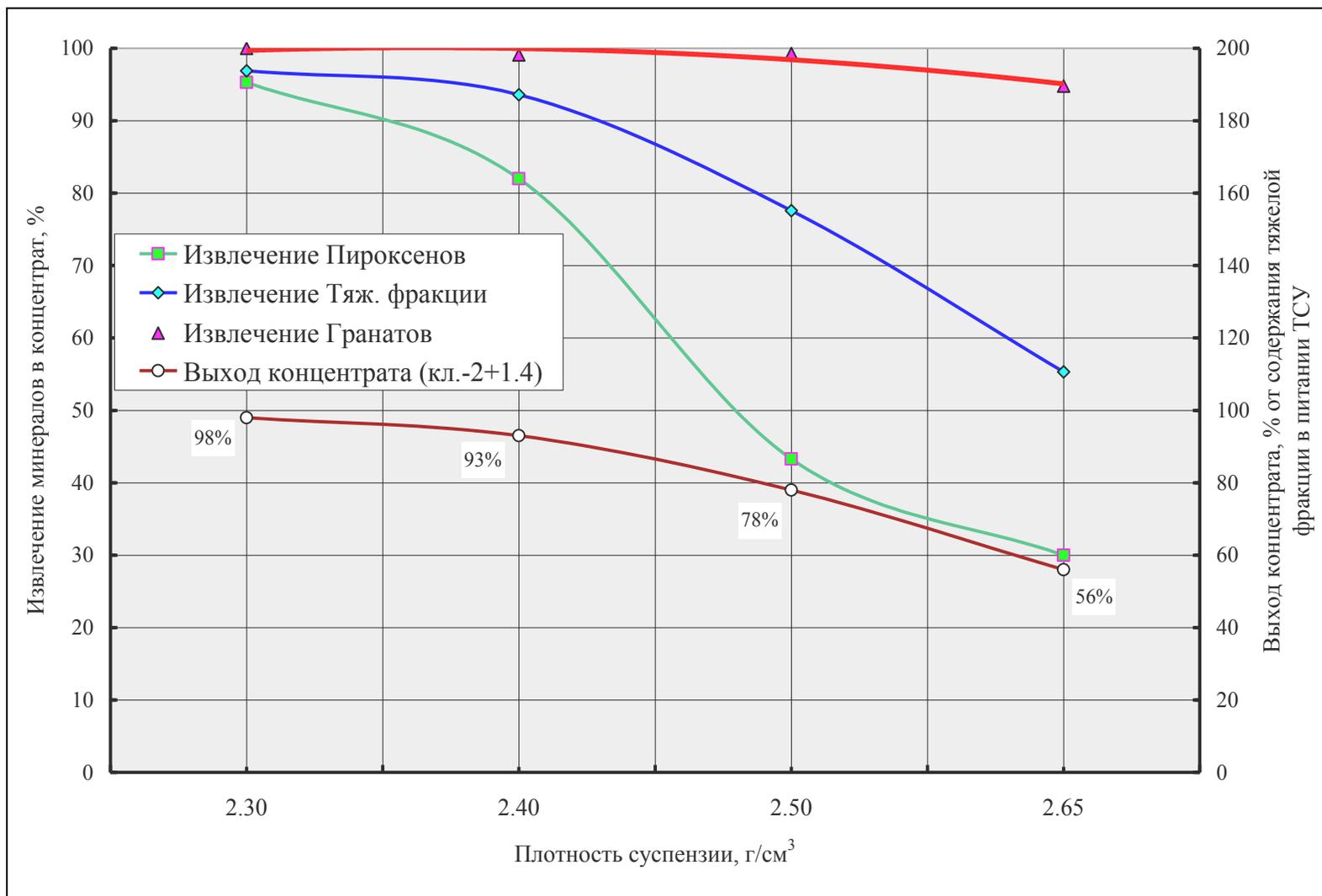


Рисунок 2.5 – Зависимость показателей работы ТСУ от плотности суспензии при производительности 16-18 т/ч (кл. -2+1,4 мм)

ильменитом, на 1-2% цирконами. Кимберлиты в них полностью отсутствуют, метаморфические и лимонитизированные породы составляют 0,4-6%, кальцита и кварца – не более 0,5% (табл.1 приложение). В концентрате класса $-2+1,4$ мм ~ в 2,4 раза снижается доля пироксенов (до 13-16 %) и ~ в 1,2 раза и в 1,3-2,3 раза возрастает содержание гранатов и ильменита – соответственно до 46-51% и 29-33%, доля циркона повышается до 2-4%. В свою очередь хвосты ТСУ класса $-5+2$ мм на 66-70% состоят из кимберлитов и метаморфических пород (в том числе 32-45% – кимберлитов), содержание кварца – 15-16 %, кальцита – 3-7%, пироксенов – 2-11%, полевого шпата – 2-3 %. Хвосты крупностью $-2+1,4$ мм также на 61-78% представлены кимберлитом и метаморфическими породами, при этом заметно выросла доля кимберлитов до 49-69%. Содержание кварца, кальцита, полевого шпата и пироксенов осталось примерно на близком уровне соответственно 11-13%, 3-7%, 1- 2% и 2-18%.

Анализ технологических показателей работы тяжелосреднего гидроциклона при производительности 20-22 т/ч показывает, что при снижении плотности суспензии с 2,65 до 2,50 и 2,30 г/см³ растет выход концентрата (по классу $-5+0$ мм) в 1,42 раза с 66 до 82 и 94 % от содержания тяжелой фракции в питании (рис.2.6). Извлечение в концентрат минералов тяжелой фракции и пироксенов крупностью $-5+1,4$ мм получено близкое и повышается с уменьшением плотности суспензии соответственно с 59,6 % до 81,5 и 88,6 % и с 63,2 % до 87,1 и 88,8 %. При этом содержание минералов тяжелой фракции в концентрате в режиме работы на плотностях рабочей среды 2,65-2,50 г/см³ высокое – 99,0-99,7 % и немного снижается до 96,9 % (табл.2.2). По минералам тяжелой фракции прослеживается повышение извлечения в концентрат с уменьшением их крупности, особенно при работе на плотностях суспензии 2,65 и 2,50 г/см³. Так, с понижением классов крупности с $-5+2$ мм до $-2+1,6$; $-1,6+1,4$ и $-1,4+1$ мм извлечение тяжелой фракции на указанных плотностях возрастает соответственно с 54,8 % до 76,6; 84,1 и 87,2 % и с 81,2 % до 83,6; 86,4 и 87,2 % (рис. 2.7, 2.8). По всей вероятности, это обусловлено фракционным составом тяжелой фракции, т.е. с понижением крупности материала растет доля наиболее тяжелых минералов – ильменита, гранатов, циркона и снижается доля менее тяжелых – пироксенов.

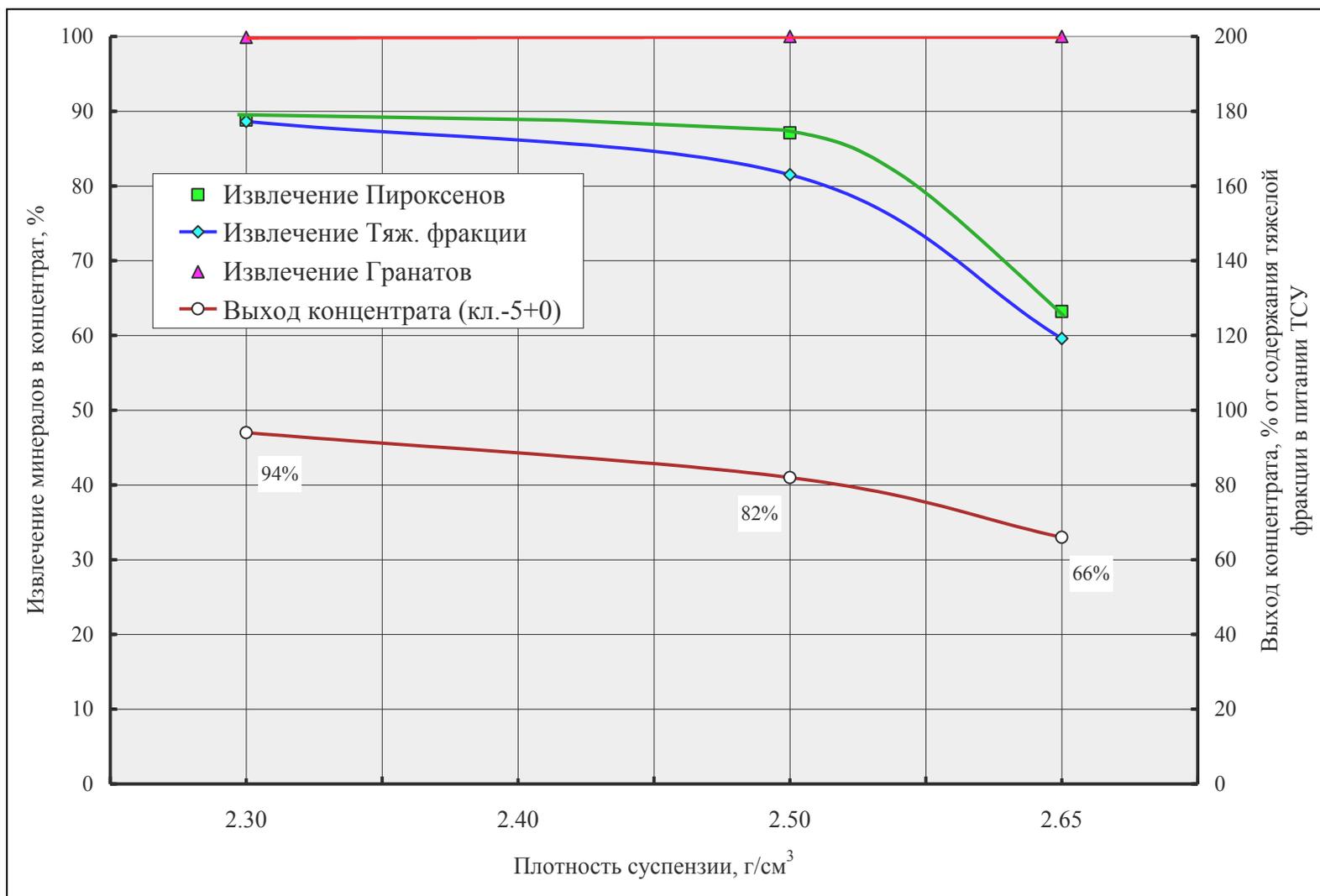


Рисунок 2.6 – Зависимость показателей работы ТСУ от плотности суспензии при производительности 20-22 т/ч (кл. -5+1,4 мм)

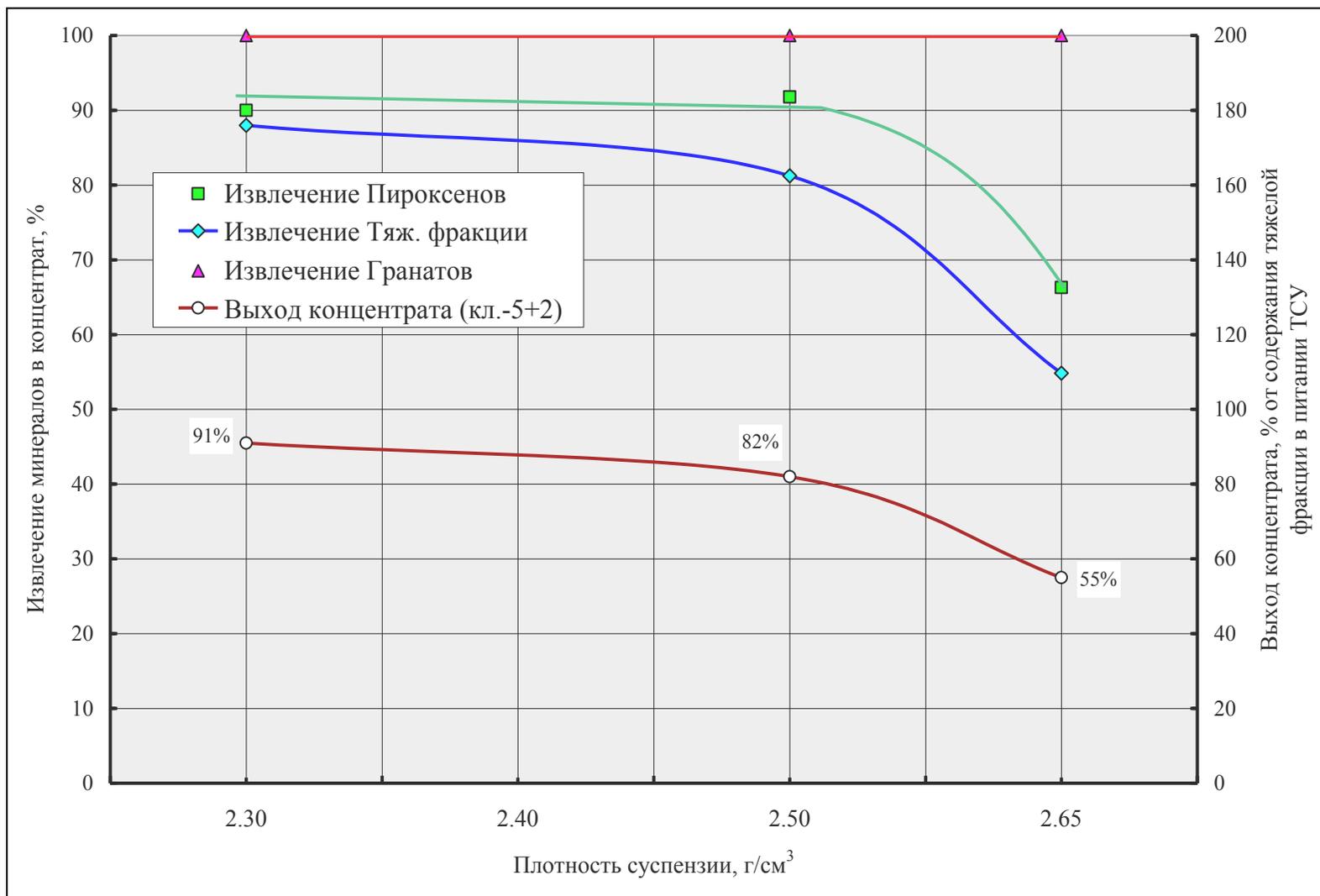


Рисунок 2.7 – Зависимость показателей работы ТСУ от плотности суспензии при производительности 20-22 т/ч (кл. -5+2 мм)

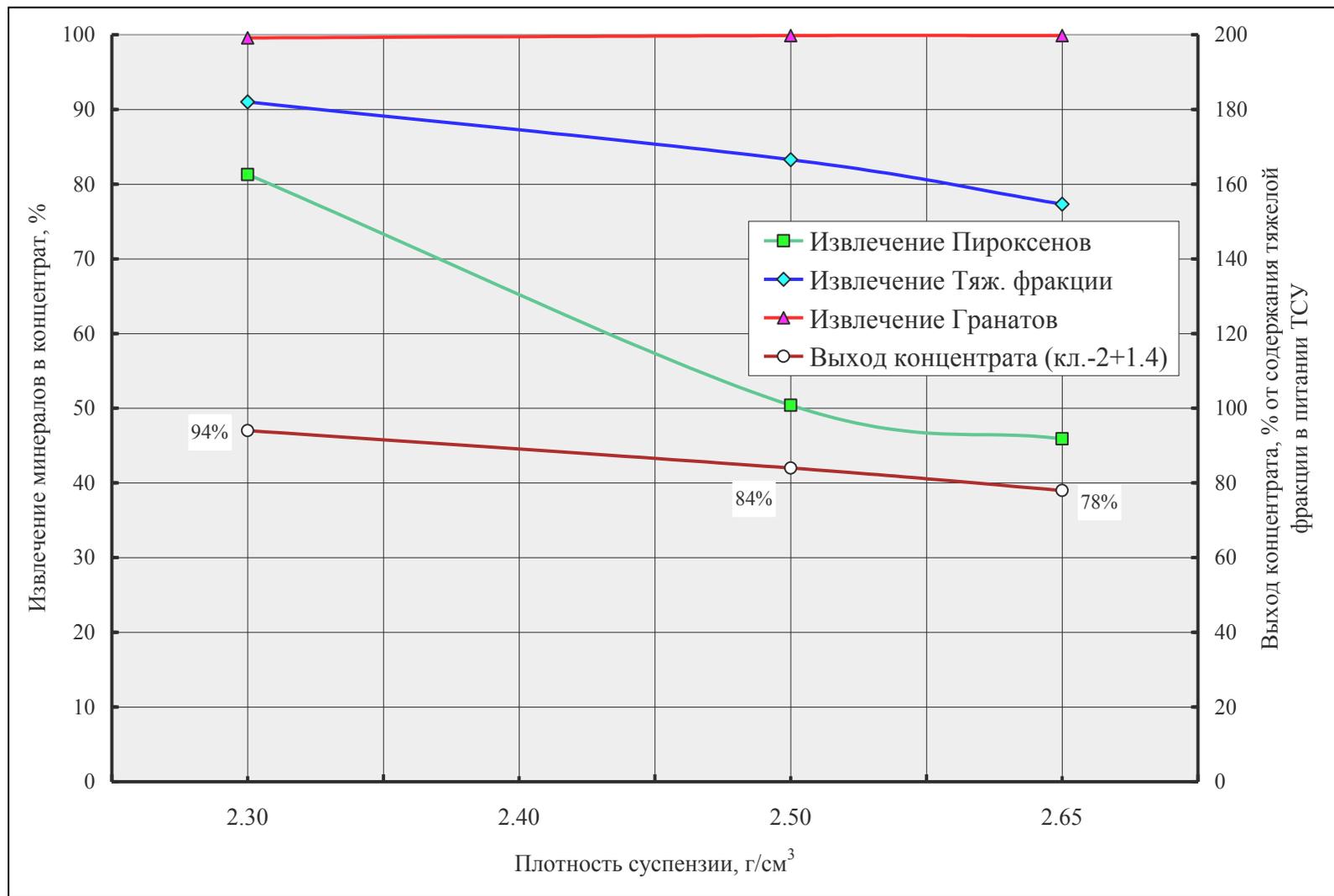


Рисунок 2.8 – Зависимость показателей работы ТСУ от плотности суспензии при производительности 20-22 т/ч (кл. -2+1.4 мм)

Извлечение пироксенов класса $-2+1,4$ мм наоборот уменьшается на 20,4-41,4 % в сравнении с классом $-5+2$ мм. Извлечение гранатов в концентрат зафиксировано практически полное на всех трех испытываемых плотностях рабочей среды и составило по классу $-5+2$ мм – 99,97-100 %, а по классу $-2+1,4$ мм – 99,6-99,9%. Минеральный состав продуктов обогащения ТСУ в данной серии экспериментов несколько отличался от предыдущей. По общему содержанию в концентратах класса $-5+2$ мм тяжелых минералов (ильменита, гранатов, циркона и пироксенов) равном 85-99% они равнозначны, но при этом в 1,9-2,5 раза возросла доля ильменита до 30-45 % и в 1,3-1,5 раза уменьшилась доля гранатов и пироксенов – соответственно до 26-32% и 20-31% (табл.2 приложение). В классе крупности $-2+1,6$ мм по сравнению с классом $-5+2$ мм в 1,4-1,6 раза (до 42-53 %) увеличилось содержание ильменита, в 1,3-1,4 раза (до 32-39 %) снизилась доля гранатов и в 1,2 раза уменьшилось количество пироксенов – до 7-15%. Хвосты крупностью $-5+2$ мм на 30-50% состояли из кимберлита и на 33-51% – из кварца, на долю метаморфических пород приходится 12- 14% и на кальцит, полевые шпаты и лимонитизированные породы – около 2-4%.

Анализ технологических показателей работы тяжелосредного гидроциклона при производительности 26-27 т/ч показывает, что снижение плотности рабочей суспензии с 2,65 до 2,30 и 2,20 г/см³ приводит к росту выхода концентрата (по классу $-5+0$ мм) соответственно в 1,35 и 1,42 раза с 72 до 97 и 102% от содержания тяжелой фракции в питании (рис.2.9). Уровень извлечения в концентрат минералов тяжелой фракции и пироксенов крупностью $-5+1,4$ мм получен близкий между собой и немного выше, чем в предшествующей серии опытов и составил на плотностях суспензии 2,50-2,20 г/см³ соответственно 84,7-91,6% и 85,4-93,4% при достаточно высоком (91,3-98,5%) содержании минералов тяжелой фракции в нем (табл. 2.3). С повышением плотности рабочей среды до 2,65г/см³ извлечение данных минералов плавно снижается до 69,2 и 78,7%. Извлечение минералов тяжелой фракции крупностью $-2+1,4$ мм на 1,4-5,6% выше, чем по классу $-5+2$ мм, а для пироксенов наоборот класс $-2+1,4$ мм извлекается, в основном, на 9-12,3%, а на плотности рабочей среды 2,65 г/см³ на 36,7% хуже крупного класса (рис. 2.10, 2.11). Извлечение гранатов на всех исследуемых плотностях

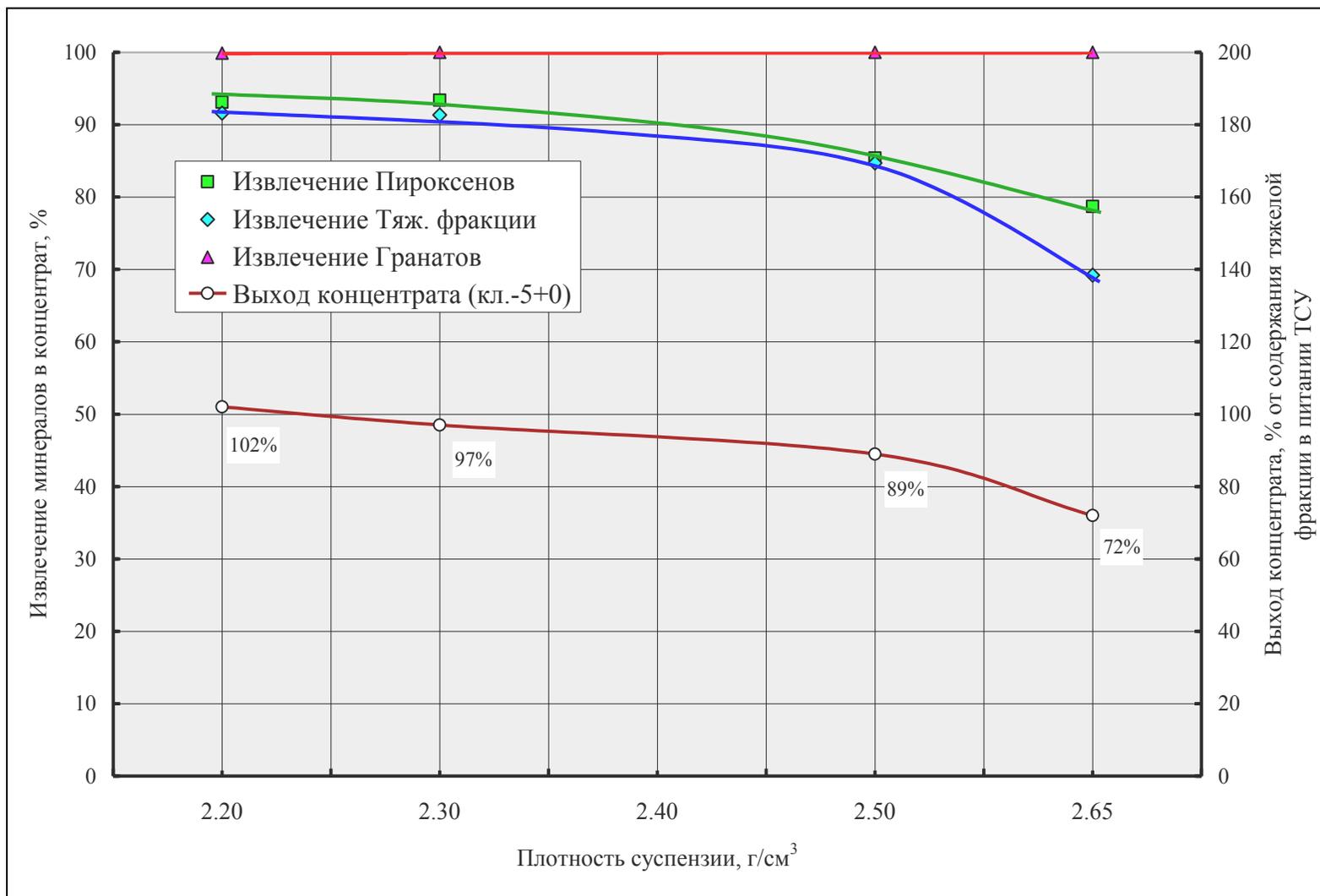


Рисунок 2.9 – Зависимость показателей работы ТСУ от плотности суспензии при производительности 26-27 т/ч (кл. -5+1,4 мм)

Таблица 2.3 - Технологические показатели тяжелосредной сепарации на различной плотности рабочей суспензии при нагрузке 26-27 т/ч (Опыты 8-11; 21.06.04 г. Питание ТСУ - концентраты 1 и 2 камер МО-105А)

	Режим работы ТСУ	Наименование продуктов	Выход продуктов		Ситовая характеристика, % по классам крупности, мм							Содержание минералов тяжелой фракции ($\delta > 2,9 \text{ г/см}^3$), %						Содержание Гранатов, %			Содержание Пироксенов, %		
			т/ч	%	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-2+1,6	-1,6+1,4	-1,4+1	-1+0	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-2+1,6	-1,6+1,4	-1,4+1	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-5+2	-2+1,4	-5+1,4
Опыт 8	$\delta_c = 2,65 \text{ г/см}^3$ P=138-139 кПа	Концентрат	6,68	25,7	65,0	19,7	84,7	17,4	2,3	13,8	1,4	98,8	99,1	98,9	98,2	98,3	97,5	38,6	46,5	40,4	32,6	12,2	27,9
		Хвосты	19,30	74,3	71,4	17,0	88,4	14,5	2,5	10,1	1,4	14,3	15,6	14,6	13,9	13,6	12,8	-	-	-	1,8	5,3	2,5
		Питание	26,0	100,0	69,8	17,7	87,5	15,3	2,5	11,1	1,4	34,6	39,5	35,6	38,6	33,9	40,1	9,3	13,3	10,1	9,2	7,3	8,8
Опыт 9	$\delta_c = 2,50 \text{ г/см}^3$ P=129-130 кПа	Концентрат	8,66	31,6	64,8	22,2	87,0	19,8	2,4	12,2	0,8	98,4	98,8	98,5	99,2	98,4	97,4	29,8	45,6	33,8	44,0	24,1	38,9
		Хвосты	18,75	68,4	77,3	14,7	92,0	13,0	1,7	7,1	0,9	7,6	8,6	7,8	8,5	9,0	7,9	-	0,033	0,005	2,5	4,8	2,9
		Питание	27,41	100,0	73,3	17,0	90,4	15,1	1,9	8,7	0,9	33,0	45,7	35,4	46,0	44,6	47,5	8,3	18,8	10,3	14,1	12,7	13,8
Опыт 10	$\delta_c = 2,30 \text{ г/см}^3$ P=117-118 кПа	Концентрат	7,31	27,5	61,9	20,8	82,8	18,4	2,4	15,2	2,0	97,7	97,3	97,6	97,2	96,2	97,1	32,3	45,9	35,7	39,0	21,7	34,6
		Хвосты	19,29	72,5	70,2	16,6	86,8	13,0	3,6	11,3	1,9	3,3	3,5	3,3	3,7	3,2	3,9	0,002	0,013	0,004	0,6	2,0	0,9
		Питание	26,6	100,0	67,9	17,7	85,7	14,5	3,3	12,4	1,9	26,9	33,8	28,4	36,4	22,1	35,4	8,1	14,8	9,5	10,2	8,4	9,8
Опыт 11	$\delta_c = 2,20 \text{ г/см}^3$ P=112 кПа	Концентрат	7,30	27,0	66,2	18,7	84,8	16,0	2,6	13,5	1,7	90,5	94,2	91,3	94,1	92,4	91,9	29,1	45,9	32,8	36,9	22,1	33,6
		Хвосты	19,73	73,0	69,0	18,0	86,9	16,0	2,0	11,3	1,8	3,1	2,9	3,0	2,9	3,8	2,8	0,014	0,006	0,012	0,7	1,8	0,9
		Питание	27,02	100,0	68,2	18,2	86,4	16,0	2,1	11,9	1,7	26,0	28,2	26,4	27,6	33,1	30,0	7,63	12,8	8,7	10,2	7,4	9,6
	Режим работы ТСУ	Наименование продуктов	Выход продуктов		Распределение материала по продуктам обогащения, %							Извлечение минералов тяжелой фракции ($\delta > 2,9 \text{ г/см}^3$), %						Извлечение Гранатов, %			Извлечение Пироксенов, %		
			т/ч	%	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-2+1,6	-1,6+1,4	-1,4+1	-1+0	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-2+1,6	-1,6+1,4	-1,4+1	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-5+2	-2+1,4	-5+1,4
Опыт 8	$\delta_c = 2,65 \text{ г/см}^3$ P=138-139 кПа	Концентрат	6,68	25,7	24,0	28,6	24,9	29,3	23,9	32,2	25,7	68,5	71,8	69,2	74,5	69,4	78,3	100,0	100,0	100,0	84,8	48,1	78,7
		Хвосты	19,30	74,3	76,0	71,4	75,1	70,7	76,1	67,8	74,3	31,5	28,2	30,8	25,5	30,6	21,7	-	-	-	15,2	51,9	21,3
		Питание	26,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Опыт 9	$\delta_c = 2,50 \text{ г/см}^3$ P=129-130 кПа	Концентрат	8,66	31,6	27,9	41,1	30,4	41,3	39,8	44,3	29,2	83,3	88,9	84,7	89,2	87,8	90,8	100,00	99,90	99,96	87,0	78,0	85,4
		Хвосты	18,75	68,4	72,1	58,9	69,6	58,7	60,2	55,7	70,8	16,7	11,1	15,3	10,8	12,2	9,2	-	0,10	0,04	13,0	22,0	14,6
		Питание	27,41	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00	100,00	100,00	100,0	100,0	100,0
Опыт 10	$\delta_c = 2,30 \text{ г/см}^3$ P=117-118 кПа	Концентрат	7,31	27,5	25,1	32,3	26,5	35,0	20,3	33,7	28,9	90,8	92,9	91,3	93,3	88,4	92,6	100,0	99,9	100,0	95,4	83,8	93,4
		Хвосты	19,29	72,5	74,9	67,7	73,5	65,0	79,7	66,3	71,1	9,2	7,1	8,7	6,7	11,6	7,4	0,02	0,06	0,03	4,6	16,2	6,6
		Питание	26,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Опыт 11	$\delta_c = 2,20 \text{ г/см}^3$ P=112 кПа	Концентрат	7,30	27,0	26,2	27,8	26,5	27,1	33,0	30,6	25,9	91,3	92,7	91,6	92,4	92,2	93,6	99,86	99,97	99,90	95,1	82,8	93,1
		Хвосты	19,73	73,0	73,8	72,2	73,5	72,9	67,0	69,4	74,1	8,7	7,3	8,4	7,6	7,8	6,4	0,14	0,03	0,10	4,9	17,2	6,9
		Питание	27,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00	100,00	100,00	100,0	100,0	100,0

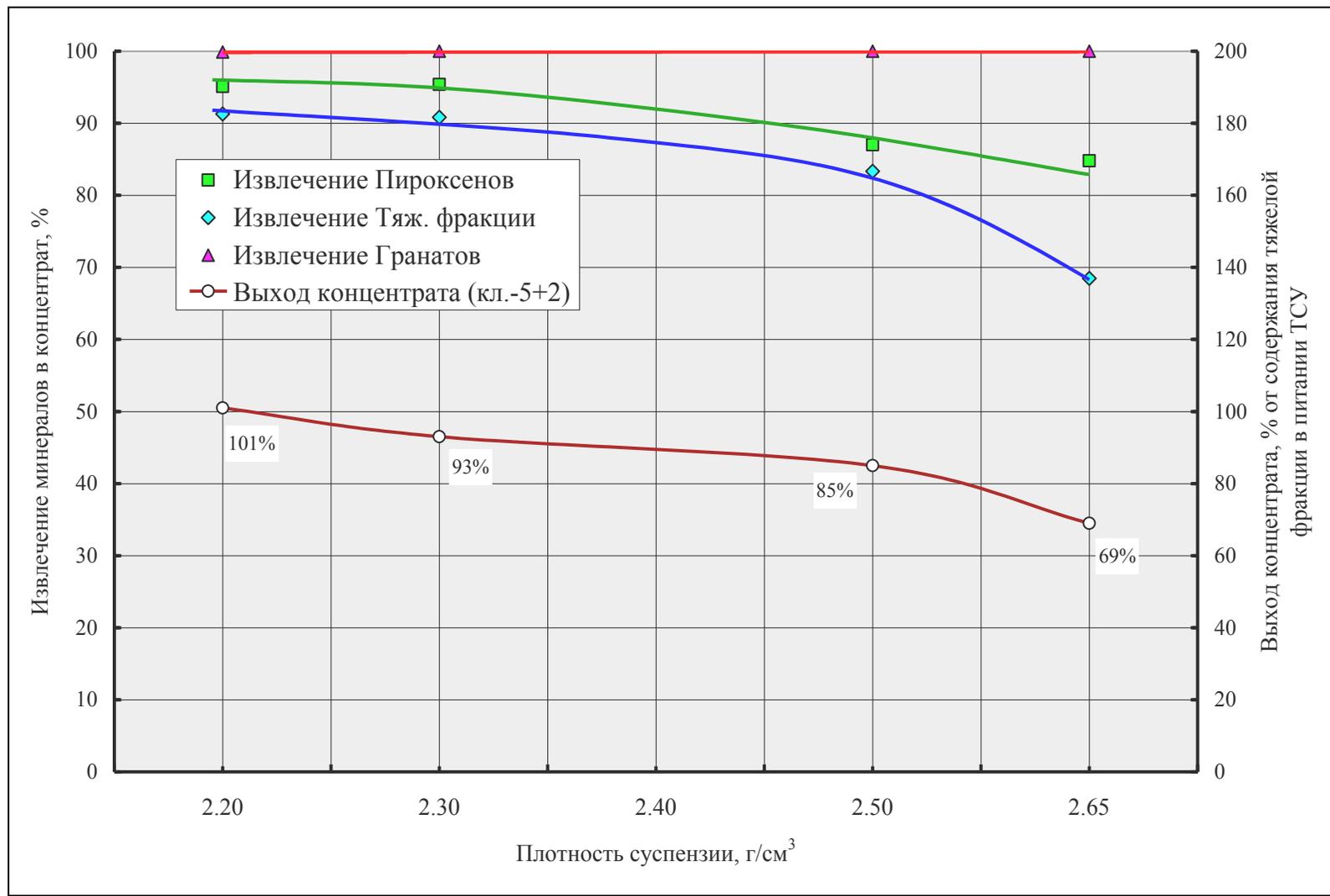


Рисунок 2.10 – Зависимость показателей работы ТСУ от плотности суспензии при производительности 26-27 т/ч (кл. -5+2 мм)

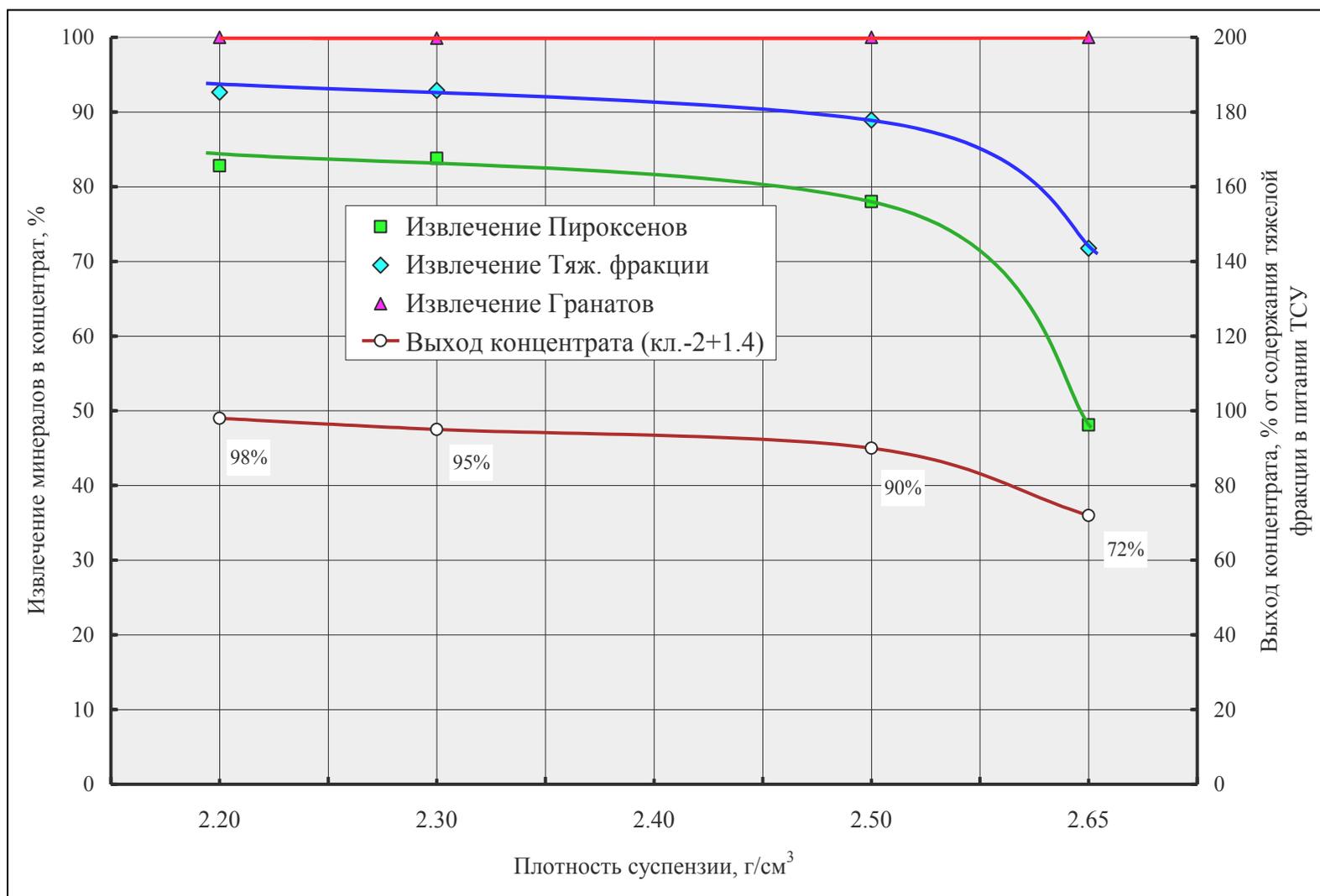


Рисунок 2.11 – Зависимость показателей работы ТСУ от плотности суспензии при производительности 26-27 т/ч

(кл. -2+1,4 мм)

суспензии 2,20-2,65 г/см³ практически полное 99,9-100% и одинаковое как для крупности -5+2 мм, так и для класса -2+1,4 мм (рис. 2.10, 2.11, см. рис.2.9 и табл.2.3).

По вещественному составу концентраты тяжелосредного гидроциклона класса -5+2 мм и -2+1,4 мм близки с первой серией экспериментов (при нагрузке на ТСУ 16-18 т/ч) и на 29-39% и 46-47% соответственно состоят из гранатов, на 33-44% и 12-24% – из пироксенов, на 13-27% и 20-37% из ильменита и на 1-2% и 2-3% из цирконов. Метаморфических пород содержится 1-12 %, а кимберлиты, кальциты, кварц и полевой шпат в общей массе составляют 0-4% (табл.3 приложение). Хвосты ТСУ крупностью -5+2 мм на 38-68% представлены кимберлитом, на 15-35% – кварцем, на 9-16% – метаморфическими породами, а доля лимонитизированных пород, пироксена, полевого шпата и кальцита незначительная – соответственно 0,4-4%, 1-6%, 1-5% и 4-5%. 6-7%. В хвостах тяжелосредного гидроциклона класса -2+1,4 мм на кимберлиты приходится еще большая доля – 62-84%, на кварц и пироксены – 5-15% и 2-10%.

2.3 ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ КОСВЕННОГО КОНТРОЛЯ ЗА ПОКАЗАТЕЛЯМИ РАБОТЫ ТСУ ПО ИЗВЛЕЧЕНИЮ МИНЕРАЛОВ ТЯЖЕЛОЙ ФРАКЦИИ – ГРАНАТАМ И ПИРОКСЕНАМ

Гранаты и пироксены были выбраны для контроля процесса тяжелосредной сепарации не случайно. Во-первых, они имеют близкую плотность с алмазами, при этом у гранатов в целом плотность несколько выше – 3,6-3,8 г/см³, а у пироксенов, наоборот, в среднем плотность немного ниже – 3,2-3,6 г/см³. Во-вторых, они в достаточном количестве содержатся в обогащаемом материале. Анализируя результаты вышеприведенных экспериментальных исследований можно отметить, что в режиме работы тяжелосредного гидроциклона на плотностях рабочей среды 2,20-2,50 г/см³ извлечение гранатов зафиксировано практически полное 99,9-100% и лишь на плотности 2,65 г/см³ при нагрузке на ТСУ 16-18 т/ч оно снизилось до 97,2%. Извлечение пироксенов и минералов тяжелой фракции плотностью более 2,9 г/см³ при производительности ТСУ 20-27 т/ч на плотностях 2,30, 2,50 и 2,65 г/см³ получено соответственно на

7-11%, 12-18% и 21-40% ниже. При этом минералогами в ходе изучения вещественного состава продуктов обогащения отмечалось, что пироксены и гранаты в хвостах ТСУ и МО-105А, как правило, находятся в кальцитовой рубашке, что, естественно, должно несколько снизить их плотность. Это нашло свое подтверждение в полученных данных по определению пикнометрическим методом плотности выбранных из проб концентратов и хвостов ТСУ и хвостов МО-105А минеральных зерен гранатов, пироксенов и их сростков. Ниже приведены результаты этого определения, из которых видно, что средняя плотность зерен граната и пироксенов из концентрата составила

соответственно 3,64 и 3,24 г/см³, а в хвостах ТСУ и отсадки она уменьшилась соответственно до 3,43-3,27 г/см³ и 3,04-3,10 г/см³, а плотность сростков указанных минералов из концентрата ТСУ получена 3,37 г/см³. Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что

	Плотность минералов класса -5+1,4 мм, г/см ³		
	Гранаты	Пироксены	Сростки Гранатов и Пироксенов
Концентрат ТСУ	3,64	3,24	3,37
Хвосты ТСУ	3,43	3,04	
Хвосты МО-105А	3,27	3,10	

наиболее подходящими для ориентировочного косвенного контроля за извлечением алмазов на ТСУ являются гранаты.

Следует также обратить внимание на то, что контроль процесса тяжелосредней сепарации по извлечению минералов тяжелой фракции плотностью более 2,9 г/см³ также возможен. Тем более, что специалистами института «Иргиредмет» ранее была установлена корреляционная зависимость (рис. 2.12) между извлечением минералов тяжелой фракции плотностью более 2,95 г/см³ и алмазной фракцией плотностью 3,4-3,6 г/см³ при обогащении на ТСУ кимберлитов Якутии (рис. 2.12). На основании которой по извлечению минералов тяжелой фракции можно ориенти-

ровочно судить об уровне извлечения алмазов. Исходя из этого графика для получения полного извлечения алмазной фракции в концентрат ТСУ, извлечение минералов тяжелой фракции должно быть 70% и более.

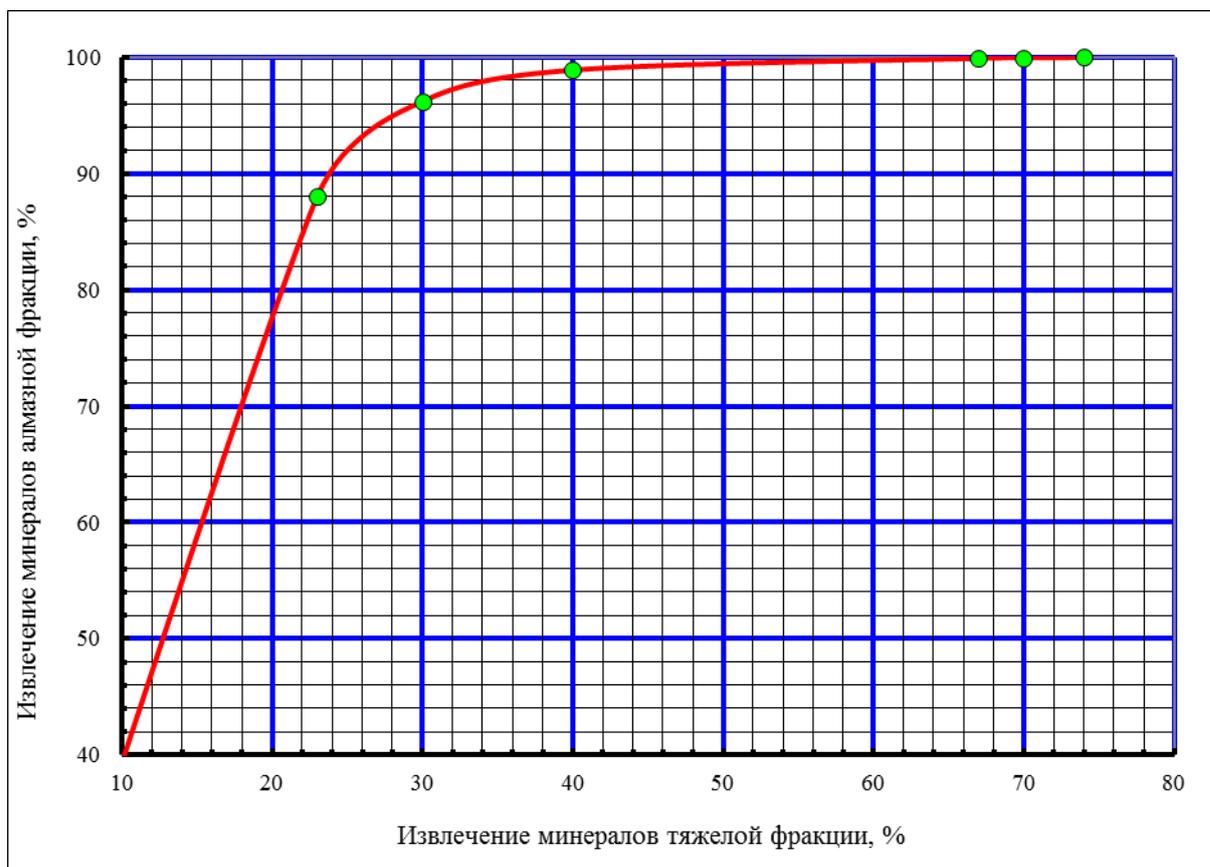


Рисунок 2.12 – Корреляционная зависимость извлечения алмазной фракции плотностью 3,4 -3,6 г/см³ и извлечения минералов тяжелой фракции более 2,95 г/см³

При контроле процесса обогащения на ТСУ гранатами, от проб концентрата класса -5+2 и -2+1,4 мм необходимо отквартовывать для мианализа навески соответственно по 40-50 г и 20-30 г, а от проб хвостов ТСУ класса -5+2 и -2+1,4 мм следует отквартовывать навески соответственно по 800-1000 г и 300-400 г и предварительно делить их в тяжелой жидкости (например М-45 или Бромформ), а уже полученную тяжелую фракцию полностью отдавать на мианализ.

На основании вышеизложенного дальнейшую оценку эффективности процесса тяжелосредной сепарации проводим по извлечению в концентрат ТСУ минералов тяжелой фракции и гранатов.

2.4 ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТСУ НА ПОКАЗАТЕЛИ ТЯЖЕЛОСРЕДНОЙ СЕПАРАЦИИ

Сравнением технологических показателей тяжелосредной сепарации во всех трех серий экспериментов, проведенных на разных производительностях, установлено, что извлечение гранатов в концентрат на всех исследуемых нагрузках получено практически полное 99,9-100,0%, за исключением эксперимента на плотности суспензии $2,65 \text{ г/см}^3$ и производительности 16-18 т/ч, в котором извлечение гранатов составило 97,2 % (рис. 2.14-2.15, см. табл. 2.1-2.3). Извлечение минеральных зерен тяжелой фракции плотностью более $2,9 \text{ г/см}^3$ при работе на плотности рабочей среды $2,30 \text{ г/см}^3$ и при нагрузке на ТСУ 20-22 т/ч и 26-27 т/ч примерно одинаковые и достаточно высокие – 88,6-91,3%. При снижении нагрузки до 16-18 т/ч оно возрастает до 97,2 %. В режиме работы на плотностях суспензии $2,50 - 2,65 \text{ г/см}^3$ при уменьшении производительности с 26-27 т/ч до 20-22 и 16-18 т/ч наблюдается падение извлечения тяжелой фракции соответственно с 84,7–69,2% до 81,5–59,6 и 66,8–54,7%. При этом обращает на себя внимание и заметное падение выхода концентрата при снижении нагрузки соответственно с 89–72% до 82–66 и 69–58% от содержания тяжелой фракции в питании ТСУ (рис.2.16). Это говорит о том, что на одной и той же плотности суспензии выход концентрата тяжелосредного гидроциклона заметно возрастает с повышением производительности. Так, например, на плотности рабочей среды $2,50 \text{ г/см}^3$ увеличение нагрузки с 16-18 т/ч до 20-22 и 26-27 т/ч обуславливает относительный рост выхода концентрата в 1,19 и 1,29 раза, что, следовательно, и предопределяет повышение извлечения тяжелой фракции. И здесь однозначно напрашивается вывод, что при работе на меньших нагрузках для обеспечения одинаковой эффективности сепарации при прочих равных условиях необходимо снижать плотность суспензии до получения равнозначных выходов концентрата. Этот вывод подтвер-

ждается еще и тем, что все точки данных по извлечению тяжелой фракции при разных нагрузках четко «вписались» в построенную кривую обогатимости концентратов отсадки в тяжелосредном гидроциклоне.

На рисунке рис. 2.17 видно, что с увеличением выхода концентрата с 58 до 99 % (от содержания тяжелой фракции) извлечение последней пропорционально возрастает с 54,7 до 97,2%, а извлечение минеральных зерен гранатов повышается 97,2 до 100%. Исходя из кривой обогатимости, стопроцентное извлечение гранатов, а значит можно предполагать и алмазов, обеспечивается при выходе концентрата ТСУ на уровне 75% от содержания минералов тяжелой фракции ($\delta > 2,9 \text{ г/см}^3$) и более, что примерно соответствует вышеприведенной корреляционной зависимости на рисунке 2.12. Так, например, при пересортировке концентратов отсадки с содержанием тяжелой фракции 30%, выход концентрата ТСУ составит $30\% \times 0,75 = 22,5\%$ от операции. При этом, с нашей точки зрения, наиболее предпочтительней работать на ТСУ при производительности 22-27 т/ч, так как при меньших нагрузках (16-18 т/ч) необходимо снижать плотность суспензии, что обусловит и снижение давление на входе в гидроциклон, а, значит, и некоторое снижение точности разделения E_{pm} и, кроме того, на плотностях рабочей среды от 2,30 до 2,50 г/см^3 , в сравнении с более высокими нагрузками, наблюдается более крутая зависимость выхода концентрата от плотности. В случаях колебания плотности рабочей среды это может приводить к более резким колебаниям нагрузки на сектор доводки.

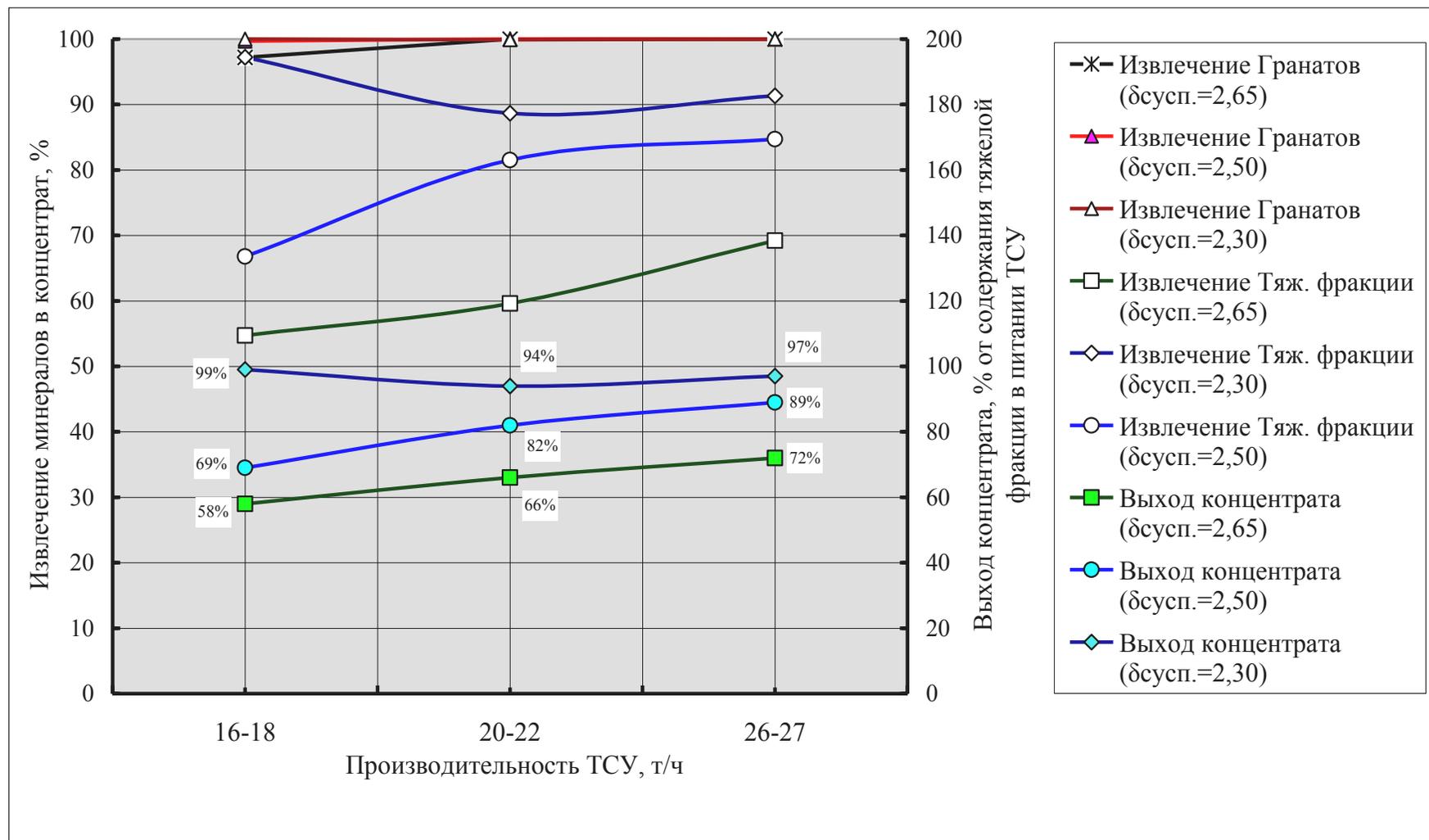


Рисунок 2.14 – Зависимость показателей работы ТСУ от производительности при разной плотности суспензии (кл. -5+1,4 мм)

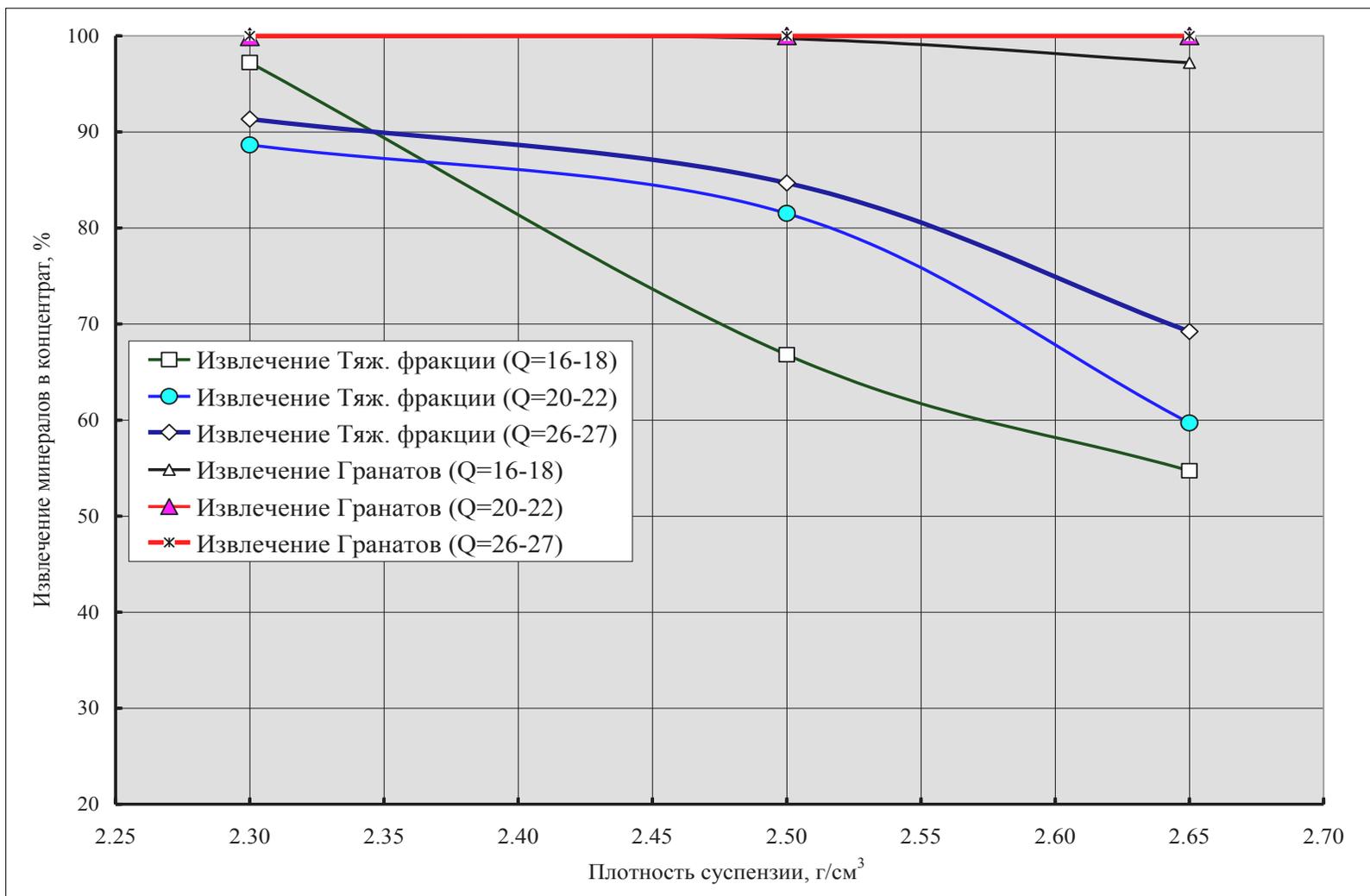


Рисунок 2.15 – Зависимость показателей работы ТСУ от плотности суспензии при разной производительности (кл. -5+1,4 мм)

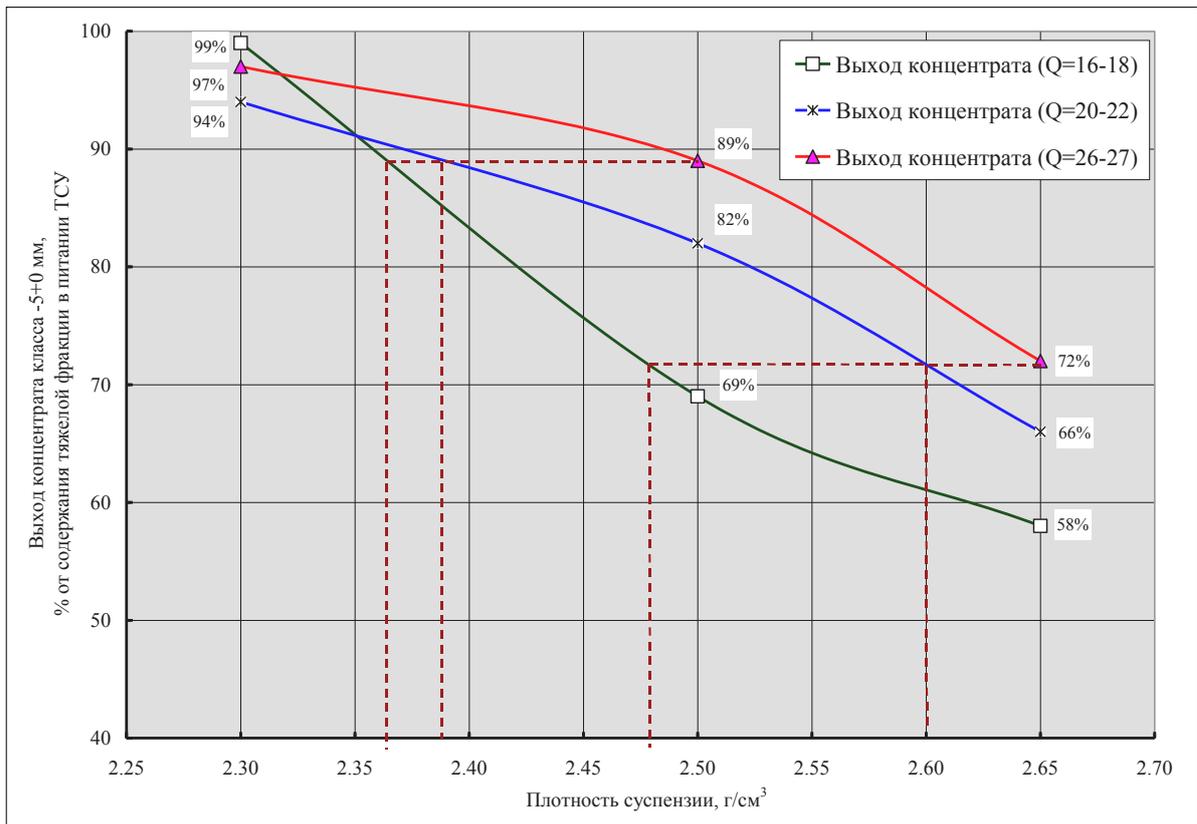


Рис. 2.16 – Зависимость выхода концентрата ТСУ от плотности суспензии при разной производительности (кл. –5+1,4 мм)

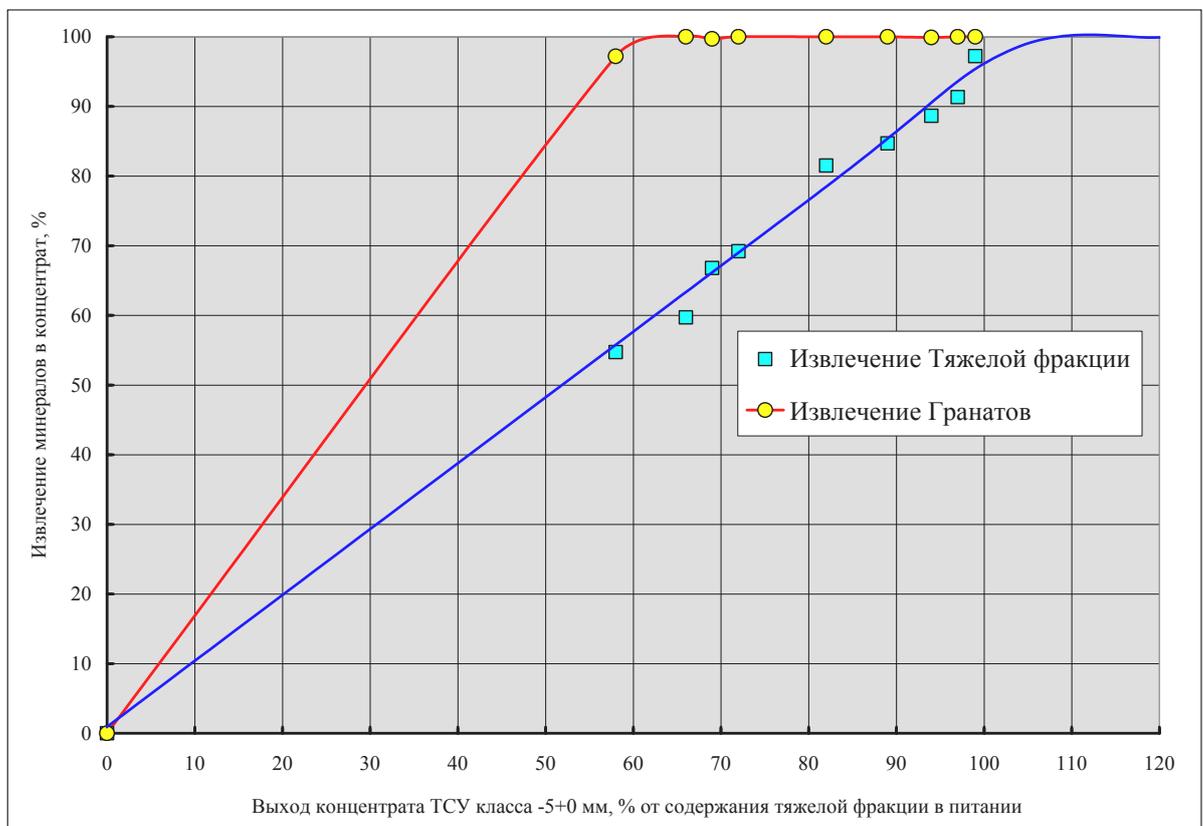


Рисунок 2.17 – Кривые обогатимости концентратов отсадки МО-105А класса –5+1,4 мм в тяжелосреднем гидроциклоне С360-20-1-1/В-А/90

2.5 ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МИНЕРАЛОВ ТЯЖЕЛОЙ ФРАКЦИИ В ПИТАНИИ ТСУ НА ПОКАЗАТЕЛИ ТЯЖЕЛОСРЕДНОГО ОБОГАЩЕНИЯ

Для изучения влияния на эффективность тяжелосредной сепарации уровня содержания минералов тяжелой фракции в питании ТСУ проведено три эксперимента на плотности суспензии $2,50 \text{ г/см}^3$ и производительности 20-24 т/ч на различном питании ТСУ (табл. 2.4). В одном случае на ТСУ подавались концентраты обеих камер отсадочных машин МО-105А, в другом – только концентратов первых камер, а концентраты вторых камер направлялись на перечистную отсадочную машину МО-102 и в третьем

Таблица 2.4 – Технологические показатели тяжелосредной сепарации при разном содержании тяжелой фракции в питании при нагрузке 22-24 т/ч (Опыты 16-18; 02.07.04 г.)

	Режим работы ТСУ	Наименование продуктов	Выход продуктов		Ситовая характеристика, % по классам крупности, мм					Содержание минералов тяжелой фракции ($\delta > 2,9 \text{ г/см}^3$), %			Содержание Гранатов, %			Содержание Пироксенов, %		
			т/ч	%	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-1,4+1	-1+0	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-5+2	-2+1,4	-5+1,4
Опыт 16	$\delta_c = 2,50 \text{ г/см}^3$ P=135-136 кПа	Концентрат	5,14	23,8	43,6	29,9	73,5	22,9	3,6	98,2	98,6	98,3	31,5	36,2	33,4	20,7	4,6	14,2
		Хвосты	16,49	76,2	68,1	18,9	87,0	11,5	1,5	7,4	4,3	6,7	0,3	0,4	0,3	0,9	1,5	1,1
		Питание	21,6	100,0	62,3	21,5	83,8	14,2	2,0	22,5	35,4	25,8	5,5	12,2	7,2	4,2	2,5	3,8
Опыт 17	$\delta_c = 2,50 \text{ г/см}^3$ P=136 кПа	Концентрат	11,70	49,0	50,4	27,0	77,4	19,8	2,8	99,7	99,6	99,6	39,9	46,2	42,1	24,9	8,3	19,1
		Хвосты	12,16	51,0	67,3	18,3	85,6	13,0	1,5	7,0	4,7	6,5	0,4	0,4	0,4	1,3	1,9	1,4
		Питание	23,86	100,0	59,0	22,5	81,6	16,3	2,1	45,8	60,3	49,8	16,9	27,3	19,8	11,2	5,6	9,7
Опыт 18	$\delta_c = 2,50 \text{ г/см}^3$ P=133-134 кПа	Концентрат	1,66	8,1	45,8	28,2	74,1	22,9	3,0	97,8	95,8	97,0	38,5	39,5	38,9	17,0	7,4	13,3
		Хвосты	18,78	91,9	77,0	12,8	89,8	9,1	1,1	0,7	0,6	0,7	0,03	0,04	0,03	0,07	0,16	0,09
		Питание	20,4	100,0	74,5	14,1	88,5	10,2	1,3	5,6	16,1	7,3	1,9	6,4	2,7	0,9	1,3	1,0
	Режим работы ТСУ	Наименование продуктов	Выход продуктов		Распределение материала по продуктам обогащения, %					Извлечение минералов тяжелой фракции ($\delta > 2,9 \text{ г/см}^3$), %			Извлечение Гранатов, %			Извлечение Пироксенов, %		
			т/ч	%	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-1,4+1	-1+0	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-5+2	-2+1,4	-5+1,4	-5+2	-2+1,4	-5+1,4
Опыт 16	$\delta_c = 2,50 \text{ г/см}^3$ P=135-136 кПа	Концентрат	5,14	23,8	16,6	33,0	20,8	38,2	43,7	72,5	91,9	79,3	95,8	98,1	96,8	81,5	60,1	77,8
		Хвосты	16,49	76,2	83,4	67,0	79,2	61,8	56,3	27,5	8,1	20,7	4,2	1,9	3,2	18,5	39,9	22,2
		Питание	21,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Опыт 17	$\delta_c = 2,50 \text{ г/см}^3$ P=136 кПа	Концентрат	11,70	49,0	41,9	58,6	46,5	59,5	64,7	91,1	96,8	93,0	98,8	99,4	99,0	93,3	86,2	92,2
		Хвосты	12,16	51,0	58,1	41,4	53,5	40,5	35,3	8,9	3,2	7,0	1,2	0,6	1,0	6,7	13,8	7,8
		Питание	23,86	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Опыт 18	$\delta_c = 2,50 \text{ г/см}^3$ P=133-134 кПа	Концентрат	1,66	8,1	5,0	16,2	6,8	18,2	19,6	87,3	96,9	90,7	98,6	99,5	99,0	92,4	90,0	91,9
		Хвосты	18,78	91,9	95,0	83,8	93,2	81,8	80,4	12,7	3,1	9,3	1,4	0,5	1,0	7,6	10,0	8,1
		Питание	20,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

случае – исходное питание отсадки МО-105А. При этом фактическое содержание тяжелой фракции в питании ТСУ составило соответственно 25,8; 49,8 и 7,3 %. Массовая доля обладающих наиболее высокой плотностью минералов (ильменит, циркон и гранаты) в тяжелой фракции в опытах №16, №17 и №18 составила соответственно 68,3; 74,2 и 77,8 % (табл. 2.5). В целом извлечение в концентрат минеральных зерен гранатов класса $-5+1,4$ мм получено во всех трех экспериментов примерно одинаковое – 96,8-99,0 % (рис. 2.18). Извлечение минералов тяжелой фракции в концентрат при работе на исходной руде и на концентратах первых камер отсадки зафиксировано близкое 90,7-93,0 %, а при перемешивании концентратов обеих камер отсадки оно снизилось до 79,3 %. Это объясняется тем, что и относительных выход концентрата тяжелосреднего гидроциклона в данном случае уменьшился в 1,15-1,16 раза в сравнении с опытами №17 и №18 (81% против 93-94 % от содержания тяжелой фракции в питании ТСУ), а если он был бы таким же, то и извлечение тяжелой фракции согласно кривой обогатимости (см. рис. 2.17) составило бы ~ 91 %. Содержание тяжелой фракции в концентратах при снижении такового в питании незначительно уменьшается с 99,6 % до 98,3 и 97,0 % (см. табл.2.4).

Таким образом, можно подытожить, что изменение содержания минералов тяжелой фракции в питании ТСУ в пределах 7-50% на показатели тяжелосредней сепарации практически не сказывается при условии одинакового выхода концентрата в % от содержания тяжелой фракции в питании. При этом уменьшение вышеуказанного содержания в 1,5 раза и повышение в 1,9 раза, в сравнении с рядовым (~ 26 %), в режиме работы на плотности суспензии $2,50 \text{ г/см}^3$ повышает относительный выход концентрата в 1,15-1,16 раза.

Таблица 2.5 – Минеральный состав продуктов обогащения тяжелосреднего гидроциклона

	Класс крупности, мм	Наименование продукта	Содержание минералов и пород, %											
			Пироксен	Гранат	Ильменит	Циркон	Метаморф. породы	Лимонитиз. породы	Кимберлит	Кварц	Полевой шпат	Кальцит	Слюда	Прочие
Опыт 16	-5+2	Концентрат	20,7	31,5	42,1	2,4	2,0	0,5	0,1	0,5	0,1	0,1	-	-
		Хвосты	0,8	0,4	-	-	16,9	1,5	60,6	16,3	3,0	0,5	-	-
		Питание	4,1	5,6	7,0	0,4	14,4	1,3	50,5	13,7	2,5	0,4	-	-
	-2+1,4	Концентрат	4,6	36,2	53,7	3,3	0,9	0,3	0,1	0,5	0,2	-	0,1	0,1
		Хвосты	1,8	0,5	-	-	5,8	0,8	80,2	6,8	1,4	2,0	0,4	0,3
		Питание	2,7	12,3	17,7	1,1	4,2	0,6	53,7	4,7	1,0	1,3	0,3	0,2
	-5+1,4	Концентрат	14,2	33,4	46,8	2,8	1,6	0,4	0,1	0,5	0,1	0,1	-	-
		Хвосты	1,0	0,4	-	-	14,5	1,3	64,9	14,2	2,7	0,8	0,1	0,1
		Питание	3,8	7,3	9,8	0,6	11,8	1,2	51,4	11,4	2,1	0,7	0,1	0,1
Опыт 17	-5+2	Концентрат	24,9	39,9	29,6	4,1	0,5	0,3	0,3	0,3	-	-	-	0,1
		Хвосты	2,6	-	-	-	15,8	2,4	60,8	14,6	3,0	0,6	0,1	0,1
		Питание	11,9	16,7	12,4	1,7	9,4	1,5	35,4	8,6	1,7	0,3	0,1	0,1
	-2+1,4	Концентрат	8,3	46,2	40,6	3,6	0,4	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	-	0,1
		Хвосты	1,3	-	-	-	4,4	0,5	88,5	3,1	0,9	0,6	0,6	0,1
		Питание	5,4	27,1	23,8	2,1	2,1	0,4	36,7	1,4	0,4	0,3	0,2	0,1
	-5+1,4	Концентрат	19,1	42,1	33,4	3,9	0,5	0,3	0,2	0,3	-	-	-	0,1
		Хвосты	2,3	-	-	-	13,4	2,0	66,7	12,1	2,6	0,6	0,2	0,1
		Питание	10,1	19,6	15,6	1,8	7,4	1,2	35,8	6,6	1,4	0,3	0,1	0,1
Опыт 18	-5+2	Концентрат	17,0	38,5	38,7	3,3	0,6	0,4	1,3	-	0,1	0,1	-	-
		Хвосты	-	-	-	-	5,5	0,1	89,3	4,1	0,3	0,3	0,3	0,1
		Питание	0,8	1,9	1,9	0,2	5,3	0,1	84,9	3,9	0,3	0,3	0,3	0,1
	-2+1,4	Концентрат	7,4	39,5	47,3	2,2	0,7	0,3	1,9	0,4	0,2	0,1	-	-
		Хвосты	0,1	-	-	-	2,8	0,3	91,9	2,8	0,9	0,9	0,2	0,1
		Питание	1,3	6,4	7,7	0,4	2,5	0,3	77,3	2,4	0,8	0,8	0,2	0,1
	-5+1,4	Концентрат	13,3	38,9	42,0	2,9	0,6	0,4	1,5	0,2	0,1	0,1	-	-
		Хвосты	-	-	-	-	5,1	0,1	89,7	3,9	0,4	0,4	0,3	0,1
		Питание	0,9	2,6	2,8	0,2	4,8	0,1	83,7	3,7	0,4	0,4	0,3	0,1



Рисунок 2.18 – Показатели тяжелосредней сепарации различных продуктов обогащения при плотности суспензии 2,50 г/см³ и производительности 20-24 т/ч

2.6 ДОСТАТОЧНАЯ ТОЧНОСТЬ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Опробование и контроль в обогащении полезных ископаемых в значительной степени служит для того, чтобы с помощью измерения качественных показателей определять количественные. Измерение расходов пульповых потоков затруднено и поэтому выход, например для бинарного разделения, определяют как $\gamma = \frac{\alpha - \nu}{\beta - \nu}$, где α, β, ν - содержания ценного минерала в исходном продукте и продуктах разделения.

Априори известно, что чем выше точность контроля качественных показателей, тем выше будет точность вычисления количественных показателей.

Из дифференциального исчисления известно, что погрешность функции σ_Y определяется на основании погрешностей аргументов σ_X как:

$$\sigma_Y^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial Y}{\partial X_i} \right)^2 \sigma_{X_i}^2, \quad (1)$$

где n - количество измеряемых переменных функции $Y = f(\bar{X}) = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$.

Из выражения (1) также следует, что для достижения высокой точности определения показателей необходимо, чтобы частные производные были бы меньше единицы. Тогда существует вероятность, что погрешность функции будет меньше погрешности измерения ее аргументов. Однако, изменить значения производных в точке технологической линии не всегда удастся, а если такое возможно, то изменения происходят в нешироких пределах. Таким образом, возникает задача: какие необходимо обеспечить погрешности измерений σ_{X_i} , чтобы погрешность функции не превышала некоторого заданного значения σ_{Y3} .

На основании выражения (1) запишем

$$1 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial Y}{\partial X_i} \frac{\sigma_{X_i}}{\sigma_Y} \right)^2,$$

откуда видно, что чем больше будет производная, тем меньше должна быть погрешность измерения аргументов. Т.е. существует обратная зависимость между значением производной и погрешностью измерения аргументов. Если определяется погрешность функции одного аргумента, то

$$\sigma_Y^2 = \left(\frac{\partial Y}{\partial X} \right)^2 \sigma_X^2, \quad \sigma_Y = \frac{\partial Y}{\partial X} \sigma_X, \quad \sigma_{X_i} = \frac{\sigma_Y}{\frac{\partial Y}{\partial X_i}}$$

Если функция множества переменных и погрешность измерения всех аргументов предположительно одинаковая и производные тоже, тогда

$$1 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial Y}{\partial X_i} \frac{1}{\sigma_Y} \frac{K}{\frac{\partial Y}{\partial X_i}} \right)^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\sigma_Y} \frac{K}{1} \right)^2 = n \left(\frac{K}{\sigma_Y} \right)^2,$$

отсюда $nK^2 = \sigma_Y^2$, или $K = \frac{\sigma_Y}{\sqrt{n}}$. Тогда $\sigma_{X_i} = \frac{\sigma_Y}{\sqrt{n} \frac{\partial Y}{\partial X_i}}$.

Откуда следует, что погрешность измерения аргументов должна быть тем меньше, чем больше производная функции и иметь некоторый весовой коэффициент. Поэтому необходимо определить влияние каждой из них на общую допустимую погрешность

Поскольку функция погрешности является единственной, а измеряемых аргументов в ней может быть множество, то для определения допустимых погрешностей измерения необходимо такое же множество уравнений. Для этого требуется ввести некоторые возможные соотношения между погрешностями измерения.

При обогащении полезных ископаемых главной функцией является выход обогащенного продукта γ , и погрешность его определения регламентирована - σ_{γ}^2 . В этом случае необходимо проводить измерение аргументов X_i с требуемой точностью - $\sigma_{X_i T}^2$, чтобы σ_{γ}^2 не вышла за допустимые пределы:

$$\sigma_{\gamma}^2 < \sigma_{\gamma T}^2.$$

Рассмотрим, каким образом, имеется возможность подобрать требуемые значения погрешностей измерения аргументов.

Допустим, имеем функцию погрешности

$$\sigma_{\gamma}^2 = \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha} \right)^2 \sigma_{\alpha}^2 + \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \beta} \right)^2 \sigma_{\beta}^2 + \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \nu} \right)^2 \sigma_{\nu}^2.$$

Возьмем одно слагаемое и решим полученное уравнение одной переменной относительно погрешности измерения аргумента, при условии, что погрешность выхода задана:

$$\sigma_{\alpha}^2 = \left(\frac{\sigma_{\gamma\beta}}{\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha}} \right)^2.$$

Предположим также, что каждое слагаемое входит в уравнение погрешности с некоторым весовым коэффициентом K_i , т.е.

$$\sigma_{\alpha}^2 = \left(\frac{\sigma_{\gamma\beta}}{\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha}} K_1 \right)^2.$$

Тогда

$$\begin{aligned} \sigma_{\gamma}^2 &= \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha} \frac{\sigma_{\gamma}}{\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha}} K_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \beta} \frac{\sigma_{\gamma}}{\frac{\partial \gamma}{\partial \beta}} K_2 \right)^2 + \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \nu} \frac{\sigma_{\gamma}}{\frac{\partial \gamma}{\partial \nu}} K_3 \right)^2 = \\ &= (\sigma_{\gamma} K_3)^2 + (\sigma_{\gamma} K_2)^2 + (\sigma_{\gamma} K_1)^2, \end{aligned} \quad (2)$$

или $1 = K_3^2 + K_2^2 + K_1^2$.

Обозначим производные $\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha} = A$, $\frac{\partial \gamma}{\partial \beta} = B$, $\frac{\partial \gamma}{\partial \nu} = C$ и отношения между

весовыми коэффициентами и производными представим как:

$$K_1^2 : K_2^2 : K_3^2 = \frac{1}{\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha}} : \frac{1}{\frac{\partial \gamma}{\partial \beta}} : \frac{1}{\frac{\partial \gamma}{\partial \nu}}.$$

Теперь уже информации достаточно для составления совместной системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} K_1^2 : K_2^2 &= \frac{1}{\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha}} : \frac{1}{\frac{\partial \gamma}{\partial \beta}}, \\ K_2^2 : K_3^2 &= \frac{1}{\frac{\partial \gamma}{\partial \beta}} : \frac{1}{\frac{\partial \gamma}{\partial \nu}}, \\ 1 &= K_3^2 + K_2^2 + K_1^2 \end{aligned} \right\}$$

Из этой системы уравнений имеем:

$$K_1 = \frac{C}{A} \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{C}{B}\right)^2 + \left(\frac{C}{A}\right)^2}}, \quad K_2 = \frac{C}{B} \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{C}{B}\right)^2 + \left(\frac{C}{A}\right)^2}}, \quad K_3 = \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{C}{B}\right)^2 + \left(\frac{C}{A}\right)^2}}.$$

Предположим, что $A=10$, $B=5$, $C=2$, тогда

$$K_3^2 + K_2^2 + K_1^2 = \sqrt{\frac{25}{30}} + \sqrt{\frac{4}{30}} + \sqrt{\frac{1}{30}} = 1.$$

Теперь, для того, чтобы пользоваться уравнением (2) необходимо эти коэффициенты еще разделить на производные от функции. Предположим, что заданная погрешность выхода составляет $\sigma_{\beta}^2 = (0,05)^2$, тогда

$$\sigma_{\alpha}^2 = \left(\frac{\sigma_{\beta}}{\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha}} K_1 \right)^2 = \left(\frac{0,05}{10} \sqrt{\frac{1}{30}} \right)^2 = \frac{5}{6} 10^{-7};$$

$$\sigma_{\beta}^2 = \left(\frac{\sigma_{\beta}}{\frac{\partial \gamma}{\partial \beta}} K_2 \right)^2 = \left(\frac{0,05}{5} \sqrt{\frac{4}{30}} \right)^2 = \frac{2}{15} 10^{-4};$$

$$\sigma_{\nu}^2 = \left(\frac{\sigma_{\beta}}{\frac{\partial \gamma}{\partial \nu}} K_3 \right)^2 = \left(\frac{0,05}{2} \sqrt{\frac{25}{30}} \right)^2 = \frac{125}{24} 10^{-4}.$$

Проверим, какова получена точность определения выхода:

$$\begin{aligned} \sigma_{\gamma}^2 &= \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha} \right)^2 \sigma_{\alpha}^2 + \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \beta} \right)^2 \sigma_{\beta}^2 + \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \nu} \right)^2 \sigma_{\nu}^2 = \\ &= 100 \frac{5}{6} 10^{-7} + 25 \frac{2}{15} 10^{-5} + 4 \frac{125}{24} 10^{-4} = \\ &0,08 \times 10^{-4} + 3,33 \times 10^{-4} + 20,8 \times 10^{-4} = 24,21 \times 10^{-4}. \\ \sigma_{\gamma} &= \sqrt{24,21 \times 10^{-4}} = 0,049 \approx 0,05. \end{aligned}$$

Что и требовалось доказать.

Таким образом, имеется возможность подобрать требуемую точность контроля параметров функции с целью выполнения заданной точности ее вычисления.

ВЫВОДЫ

Обобщая результаты проведенных исследований можно констатировать следующее:

1. Установлена высокая эффективность тяжелосредной сепарации при пересортировке концентратов отсадочных машин МО-105А на производительностях 16-27 т/ч и содержаниях тяжелой фракции в питании 7-50% и практически не зависит от изменения данных параметров в указанных интервалах. Стопроцентное извлечение гранатов, а значит можно предполагать и алмазов, обеспечивается при выходе концентрата ТСУ на уровне 75-80 % от содержания минералов тяжелой фракции ($\delta > 2,9 \text{ г/см}^3$) и более. Так, например, при пересортировке концентратов отсадки с содержанием тяжелой фракции 30%, выход концентрата ТСУ составит 22- 24% от операции. В зависимости от нагрузки на ТСУ (16-18; 20-22 и 26-27 т/ч) такой выход концентрата достигается соответственно на плотностях рабочей суспензии 2,42-2,45; 2,52-2,57 и 2,58-2,62 г/см^3 . При этом концентрат тяжелосредного гидроциклона содержит 98-99% минералов тяжелой фракции.

2. Наиболее предпочтительней работать на ТСУ при производительностях 22-27 т/ч, так как при меньших нагрузках (16-18 т/ч) необходимо снижать плотность суспензии, что обусловит и снижение давление на входе в гидроциклон, а, значит, и некоторое снижение точности разделения (E_{pm}).

3. В режиме работы на плотностях суспензии 2,50–2,65 г/см^3 при уменьшении производительности с 26-27 т/ч до 20-22 и 16-18 т/ч наблюдается заметное падение выхода концентрата соответственно с 89% до 82 и 69% и с 72% до 66 и 58% от содержания тяжелой фракции в питании ТСУ. Это означает, что при работе на меньших нагрузках для обеспечения одинаковой эффективности сепарации при прочих равных условиях необходимо снижать плотность суспензии до получения равнозначных выходов концентрата.

4. Трассерным контролем тяжелосредной сепарации выявлено, что с уменьшением плотности рабочей среды с 2,65 до 2,50 и 2,30 г/см^3

плотность разделения по трассерам размером 8 мм в тяжелосредном гидроциклоне, рассчитанная по кривым Тромпа, снижается с 3,25 до 3,16 и 3,06 г/см³. Среднее вероятное отклонение (E_{pm}) получено достаточно высокое соответственно 0,022-0,030 г/см³.

Для трассеров крупностью 4 мм и 2 мм снижение плотности суспензии с 2,65 до 2,30 г/см³ ведет к уменьшению плотности разделения с 3,27 до 3,05 г/см³ и с 3,32 до 3,04 г/см³ соответственно. Среднее вероятное отклонение несколько возрастает, но остается на сравнительно высоком уровне – 0,032-0,029 и 0,044-0,028 г/см³. При этом на плотностях рабочей суспензии 2,65 и 2,50 г/см³ прослеживается зависимость роста плотности разделения на 0,07-0,075 г/см³ и некоторого ухудшения точности разделения (E_{pm} повышается до 0,036-0,044 г/см³) при уменьшении крупности трассеров с 8 до 2 мм.

5. Определено, что эффективность тяжелосредной сепарации, возможно, косвенно оценивать по извлечению в концентрат гранатов и минералов тяжелой фракции плотностью более 2,9 г/см³. Плотность гранатов в поступающем на ТСУ материале (с учетом того, что в хвостах они, как правило, в кальцитовой рубашке) составляет ~ 3,5-3,6 г/см³ и поэтому извлечение гранатов примерно будет соответствовать извлечению алмазов. Также для обеспечения практически полного извлечения алмазов 99,8-100 % извлечение минералов тяжелой фракции должно быть 70-75 % и более.

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ КИМБЕРЛИТОВ

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

К самостоятельному обслуживанию машин и агрегатов допускать лиц, прошедших обучение по специальной программе и получивших соответствующее удостоверение.

Все вновь принятые, а также переведенные на другую работу рабочие перед допуском к работе должны получить на рабочем месте инструктаж по правилам и технике безопасности по программе, утвержденной главным инженером предприятия. Инструктаж должен проводиться мастером с занесением в специальную карточку или журнал.

Примечание. Студенты высших и средних горнотехнических учебных заведений, а также учащиеся профессионально-технических училищ перед прохождением производственной практики должны пройти двухдневное обучение и сдать экзамен по правилам и технике безопасности в экзаменационной комиссии предприятия.

Все рабочие должны быть проинструктированы и обучены оказанию первой помощи пострадавшим при несчастных случаях, профессиональных отравлениях и поражениях электрическим током.

Каждый рабочий до начала работы должен удостовериться в безопасном состоянии рабочего места, проверить: наличие и исправность предохранительных устройств, инструмента, механизмов и приспособлений, требующихся для работы.

Обнаружив недостатки, которые он сам не может устранить, рабочий, не приступая к работе, обязан сообщить о них лицу технического надзора.

Проверка знаний по безопасным методам работы должна производиться комиссиями, назначаемыми распоряжением по фабрике.

Результаты проверки оформляются протоколом и заносятся в

личную карточку рабочего. Каждому рабочему под расписку выдается инструкция по безопасным методам работы по его профессии.

При внедрении новых технологических процессов и методов труда, а также при изменении требований или введении новых инструкций по технике безопасности все рабочие должны пройти инструктаж в объеме и в сроки, установленные администрацией фабрики.

. Администрация фабрики обязана своевременно обеспечивать рабочих соответствующей спецодеждой и индивидуальными защитными средствами по установленным нормам.

Спецодежда должна быть исправной, исключающей возможность захвата ее движущимися и вращающимися частями оборудования.

Волосы работающих должны быть заправлены под головной убор. Стирка, обезвреживание и ремонт спецодежды должны производиться в соответствии с «Инструкцией о порядке выдачи, хранения и использования спецодежды и предохранительных приспособлений».

На всех фабриках должен быть организован учет времени использования противогазов и респираторов (кроме разового использования) и производиться их периодическая проверка и перезарядка.

§ 13. К техническому руководству работами на фабриках допускаются лица, имеющие специальное высшее (среднее) образование или окончившие соответствующие курсы мастеров.

Примечания. 1. Разрешается студентам горнотехнических специальностей, окончившим 4 курса высшего учебного заведения, временно на период производственной практики занимать инженерно-технические должности на фабриках при условии сдачи ими экзаменов по курсам «Обогащение полезных ископаемых» и «Охрана труда».

2. Начальник цеха (отделения, участка) «хвостовое хозяйство» и мастер по гидравлической укладке хвостов, эксплуатации гидротехнических, водоприемных и водосбросных сооружений должны

назначаться из числа лиц, имеющих высшее или среднее гидротехническое образование.

Все вновь принимаемые на работу инженерно-технические работники должны в месячный срок сдать экзамены по знанию настоящих Правил и инструкций.

Периодическая проверка знаний инженерно-техническими работниками правил и инструкций по технике безопасности должна производиться в соответствии с установленным порядком.

Каждое рабочее место в течение смены должно осматриваться лицом технического надзора, которое обязано не допускать производство работ при наличии нарушений требований техники безопасности.

Рабочие места должны быть освещены в соответствии с действующими нормами освещенности. Аварийное освещение в цехах выполняется согласно требованиям СНиП и включается в независимое питание. Постоянное искусственное освещение может быть только электрическим.

Освещенность помещений фабрик, складов реагентов и других должна соответствовать действующим нормам естественной и искусственной освещенности производственных помещений. При отсутствии на фабрике аварийного освещения у рабочих мест должны находиться аккумуляторные светильники.

В помещении нарядных, на рабочих местах, у агрегатов и на путях передвижения людей должны вывешиваться плакаты и знаки по технике безопасности.

Рабочие места и проходы должны содержаться в чистоте и порядке. Загромождение рабочих мест и проходов не допускается.

Для хранения различных материалов, деталей машин и отходов производства должны быть отведены специальные места.

Вблизи рабочих мест должны быть установлены бачки с питьевой водой, фонтанирующие краники или выданы на руки рабочим

специальные фляги для воды.

§ 21. Передвижение работающих по фабрике допускается только по предусмотренным для этого проходам, лестницам и площадкам. Перелазание через трубы, желоба, барьеры и прочие устройства не допускается.

Все обслуживающие площадки, переходные мостики и лестницы должны быть прочными, устойчивыми и снабжены перилами высотой не менее 1 м с перекладиной и сплошной обшивкой по низу перил на высоту 0,14 м.

Рабочие площадки, расположенные на высоте более 0,3 м, должны быть ограждены перилами и снабжены лестницами.

Площадки для обслуживания оборудования и ступени лестниц должны быть выполнены таким образом, чтобы на них не задерживались влага и грязь.

. Лестницы к рабочим площадкам и механизмам должны иметь угол наклона:

- а) постоянно эксплуатируемые — не более 45° ;
- б) посещаемые 1—2 раза в смену — не более 60° ;
- в) в зумпфах, колодцах — до 75° .

Во всех случаях ширина лестниц должна быть не менее 0,6 м, высота ступеней—не более 0,3 м, ширина ступеней—не менее 0,25 м. Металлические ступеньки лестниц и площадки должны выполняться из рифленого металла.

Допускается в зумпфах и колодцах применение скоб.

. Все монтажные проемы, приемки, зумпфы, колодцы, канавы и т. п., расположенные в помещениях и на территории фабрики, должны быть ограждены перилами высотой 1 м со сплошной обшивкой по низу перил на высоту 0,14 м, а в местах перехода должны быть снабжены переходными мостиками шириной не менее 1 м.

Примечание. Устройство перил у зумпфов, ям, приемков,

дренажных канав или колодцев не требуется в случаях перекрытия их настилами по всей поверхности, уложенными заподлицо.

Трубы и желоба не должны загромождать рабочие площадки. Трубы и желоба, пересекающие проходы и рабочие площадки, должны быть размещены на высоте не менее 1,8 м от уровня пола.

У напорной арматуры, не имеющей автоматического управления, и контрольно-измерительных приборах, расположенных над уровнем пола на высоте более 1,5 м, должны быть устроены стационарные площадки шириной не менее 0,8 м.

Минимальное расстояние между смежными габаритами машин и аппаратов и от стен до габаритов оборудования должно быть:

- а) на основных проходах — не менее 1,5 м;
- б) при рабочих проходах между машинами — не менее 1 м;
- в) на рабочих проходах между стеной и машинами — не менее 0,7 м;
- г) местные сужения при соблюдении нормальных рабочих проходов между машинами и между стеной (строительной конструкцией) и машиной — не менее 0,7 м;
- д) на проходах к бакам, чанам и резервуарам для обслуживания и ремонта — не менее 0,6 м;

Примечание. Под минимальным расстоянием понимаются размеры в свету между выступающими частями машин, фундаментов, ограждениями и стенами зданий с учетом укрепленных на них трубопроводов, аппаратуры и пр.

Минимальная ширина проходов, предназначенных для транспортирования крупных сменных узлов и деталей во время ремонта оборудования, определяется наибольшим поперечным размером узлов и деталей с добавлением по 0,6 м на сторону.

При выполнении работ на действующей фабрике сторонней организацией они должны выполняться в строгом соответствии с требованиями настоящих Правил.

Ответственность за выполнение настоящих правил безопасности на участке фабрики, переданном по наряду-допуску, возлагается на руководителя сторонней организации.

2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Все движущиеся части машин и механизмов, ременные и другие передачи должны иметь ограждения, исключаящие доступ к ним во время работы. Ограждение движущихся частей должно быть надежно закреплено.

Вращающиеся части (валы, муфты, шкивы, барабаны, фрикционные диски и т. п.) должны иметь сплошные или сетчатые ограждения с ячейками не более 25×25 мм.

Сетчатое ограждение барабанов конвейеров допускается с размером ячейки не более 40×40 мм.

Зубчатые и цепные передачи независимо от высоты их расположения и скорости движения должны иметь сплошные ограждения.

Перед пуском оборудования в работу должен быть подан предупредительный сигнал.

Перед запуском в работу оборудования, находящегося вне зоны видимости, должен быть подан звуковой предупредительный сигнал продолжительностью не менее 10 с. После первого сигнала должна предусматриваться выдержка времени не менее 30 с, после чего перед пуском оборудования должен подаваться второй сигнал продолжительностью 30 с. Запуск механизмов и оборудования должен быть полностью сблокирован с выполнением указанной выдержки времени.

Кроме того, запуск такого оборудования оповещается громкоговорящей связью с указанием наименования и технологической нумерации запускаемого оборудования.

В местах с повышенным уровнем шума должна также предусматриваться дублирующая световая сигнализация.

С порядком подачи сигналов перед пуском оборудования должны быть ознакомлены все работники фабрики. Условные обозначения подаваемых сигналов вывешиваются на видных местах.

При пуске машин должна быть обеспечена полная безопасность обслуживающего персонала.

. Прием в эксплуатацию оборудования, вышедшего из капитального ремонта, должен производиться комиссией, назначаемой руководством предприятия (фабрики).

Остановка и пуск в работу оборудования после монтажа или ремонта должны производиться с соблюдением положений бирочной системы.

. Запрещается ремонт движущихся частей и ограждений при работе машин, ручная уборка просыпавшегося материала (просыпь), а также ручная смазка действующих машин без специальных приспособлений.

При прекращении подачи электроэнергии или остановке оборудования по какой-либо другой причине все электродвигатели оборудования, самозапуск которых недопустим, должны иметь устройства для автоматического отключения.

Эксплуатация оборудования должна вестись с соблюдением технических режимов, установленных паспортами, технологическими картами или специальными инструкциями.

Все эксплуатируемое оборудование, используемый инструмент и спецприспособления должны быть исправны. Осмотр, периодическая проверка и испытания их должны производиться в соответствии с действующими инструкциями и правилами эксплуатации. Работа на неисправном оборудовании, пользование неисправными приспособлениями и инструментами запрещается.

3. ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА

Содержание производственных помещений и противопожарного оборудования должно отвечать действующим «Типовым правилам пожарной безопасности для промышленных предприятий».

. Горюче-смазочные и обтирочные материалы на рабочих местах должны храниться в закрытых металлических сосудах в количествах не свыше суточной потребности в каждом из видов материалов.

Хранение легковоспламеняющихся веществ (бензин, керосин и др.) на рабочих местах не разрешается.

Фабрика должна иметь прямую телефонную связь с пожарной командой, обслуживающей предприятие, или ближайшим населенным пунктом.

Дороги производственного назначения должны быть пригодны для проезда пожарных автомобилей. Если по производственным условиям устройство подъездов к зданию не требуется, то подъезд пожарных автомобилей должен быть обеспечен по спланированной территории шириной 6 м не менее чем с двух сторон здания вдоль всей его длины.

. Расстояние от края проезжей части или свободной спланированной территории до стен здания должно быть не более 25 м.

Спланированные территории для проезда пожарных автомобилей должны содержаться в чистоте, не загромождаться посторонними предметами, иметь поверхностный водоотвод, а при глинистых и пылевидных грунтах должны быть засеяны травой или засыпаны шлаком.

. Все производственные и подсобные помещения, установки, сооружения и склады должны быть обеспечены первичными средствами тушения пожара и пожарным инвентарем.

Месторасположение первичных средств пожаротушения и пожарного инвентаря должно быть согласовано с органами пожарного надзора.

На площадках фабрик должен устраиваться противопожарный водопровод, объединенный с производственным или хозяйственно-питьевым. Пожарные гидранты должны располагаться вдоль дорог и переездов на расстоянии не более 150 м друг от друга, не ближе 5 м от стен здания и вблизи перекрестков не далее 2 м от края проезжей части.

3.1 САНИТАРНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Для создания нормальных санитарно-гигиенических условий труда на фабриках необходимо предусматривать:

а) установку вентиляционных и аспирационных устройств в соответствии с санитарными нормами проектирования промышленных предприятий, а также применение автоматически действующих анализаторов в местах возможного скопления ядовитых газов;

б) организацию службы контроля эксплуатации и ремонта всех вентиляционных и аспирационных устройств и контроля качественным составом воздуха;

в) меры, снижающие пылегазообразование и пылегазовыделение на всех участках, включая дробильные, сушильные, реагентные и другие отделения, склады реагентов, транспортирование материалов.

В каждом корпусе фабрики и на каждом этаже должны быть аптечки с медикаментами и перевязочными материалами.

Проложенные по полу рельсы на нулевой отметке должны быть утеплены, сточные каналы закрыты съемными крышками.

В приемном бункере при его разгрузке необходимо оставлять часть материала, в качестве подушки, исключающей поступление запыленного воздуха в производственное помещение.

Технологическое оборудование, работа которого сопровождается пылегазовыделениями (дробилки, грохоты и др.), должно устанавливаться со встроенными герметизированными укрытиями, имеющими отсосы с патрубками для подключения к аспирационным установкам.

Оборудование и производственные коммуникации, температура поверхности которых на рабочих местах превышает 45°C, должны покрываться термоизоляцией.

Воздух, удаляемый вентиляционными и аспирационными установками, перед выпуском в атмосферу должен подвергаться очистке до концентрации пыли в нем, не превышающей предусмотренной нормами. Очистные устройства должны выбираться с учетом физико-химических свойств пыли (мокрая очистка в скрубберах, циклонах-промывателях, электрофильтрах, рукавных фильтрах и др.).

В местах, где уровень шума превышает санитарные нормы, для обслуживающего персонала должно предусматриваться устройство звукоизолированных кабин или должны осуществляться другие меры, обеспечивающие доведение уровня шума до санитарных норм.

3.2 ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Здания и сооружения должны быть обеспечены молниезащитой в соответствии с «Указаниями по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений».

Осмотр и проверка состояния молниеотводов и сопротивления заземления растеканию должны проводиться перед каждым грозовым сезоном с соответствующей регистрацией результатов в журнале.

Ремонт, порядок останова и запуска электромеханического оборудования должны производиться в строгом соответствии с инструкцией, утвержденной главным инженером предприятия.

3.2.1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

А. Осмотр электроустановок

При обнаружении в процессе осмотра неисправности, которая согласно «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правилам техники безопасности при эксплуатации

электроустановок потребителей» не должна устраняться одним лицом, которое обязано немедленно сообщить об этом своему непосредственному начальнику и сделать соответствующую запись в эксплуатационном журнале.

Устранение такого рода неисправностей производится по указанию вышестоящего начальника под наблюдением второго лица с соблюдением предусмотренных указанными правилами мер, обеспечивающих безопасное выполнение работ.

Перед применением защитные средства должны быть тщательно осмотрены, очищены, проверены на отсутствие внешних повреждений, а также проверены по клейму соответствия напряжению данной установки и сроку их периодического испытания. При обнаружении неисправных защитных средств или с просроченным клеймом проверки они должны быть немедленно изъяты из употребления. Качество изоляции используемого инструмента при работе в электрических установках (плоскогубцы, отвертки и др.) должно систематически проверяться.

Б. Дополнительные меры, безопасности при производстве работ и обслуживании электроустановок

. Вносить длинные предметы (трубы, лестницы и т. п.) в помещения распределительных устройств и работать с ними вблизи электроустановок, где не все находящиеся под напряжением части закрыты ограждениями, исключаяющими возможность случайного прикосновения, нужно с особой осторожностью под непрерывным наблюдением производителя работ или выделенного наблюдающего.

Применяемые для ремонтных работ подмости и лестницы должны быть прочными и надежными. Лестницы, устанавливаемые на гладких поверхностях, должны иметь основания, обитые резиной, а устанавливаемые на земле, должны иметь на основаниях острые

металлические наконечники. Лестницы должны надежно опираться верхними концами на прочную опору. Связанные лестницы к применению не допускаются.

При установке приставных лестниц на высоте подкрановых балок, на элементах металлоконструкций и т. п. необходимо надежно прикреплять верх и низ лестницы к конструкциям. При обслуживании, а также ремонтах электроустановок применять металлические лестницы запрещается. Приставные лестницы должны быть испытаны.

. Запрещается подбрасывать какие-либо предметы для подачи лицам, работающим наверху. Подача должна производиться при помощи веревки, к середине которой надежно привязываются необходимые предметы. Второй конец веревки должен находиться в руках у стоящего внизу работника, который удерживает поднимаемые предметы от раскачивания.

Включение и отключение отдельных производственных машин и механизмов посредством пусковой аппаратуры может производиться лицами, получившими разрешение на обслуживание этих машин и механизмов, прошедшими соответствующий инструктаж и имеющими право на самостоятельное обслуживание их.

Перед пуском временно отключенного оборудования нужно его осмотреть, убедиться в готовности к приему напряжения и предупредить работающий на нем персонал о предстоящем включении.

На временных ограждениях должны быть предупредительные плакаты: «Стоять! Опасно для жизни».

. На фабриках допускается применять электромеханическое оборудование, электрические двигатели, трансформаторы, аппараты, измерительные приборы, аппараты защиты, кабели, провода и т. д., отвечающие требованиям ГОСТа или техническим условиям, утвержденным в установленном порядке.

На приводах коммутационных аппаратов, закрытых кожухами или установленными за щитом, должны быть четко указаны положения

включения и отключения.

В. Электрическое освещение

. Светильники должны располагаться таким образом, чтобы безопасное их обслуживание могло производиться без снятия напряжения с электрооборудования. Это требование не распространяется на лампы, размещаемые в камерах закрытого распределительного устройства.

Для питания светильников общего освещения должно применяться напряжение не выше 220 В.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, при высоте установки светильников с лампами накаливания над полом менее 2,5 м должны применяться светильники, конструкция которых исключает возможность доступа к лампе без специальных приспособлений, либо должно применяться напряжение не выше 36 В. Это требование не распространяется на светильники, обслуживаемые с кранов или с площадок, посещаемых только квалифицированным персоналом.

В цехах, где светильники расположены на большей высоте, для их обслуживания допускается использование мостовых кранов, при этом работа должна производиться в диэлектрических перчатках в присутствии второго лица. Светильники с люминесцентными лампами на напряжение 127—220В допускается устанавливать на высоте менее 2,5 м при условии недоступности их контактных частей для случайных прикосновений.

Для питания светильников местного стационарного освещения с лампами накаливания должно применяться напряжение: в помещениях без повышенной опасности — не выше 220 В и в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных — не выше 36 В.

Допускается, как исключение, напряжение до 220 В включительно для светильников специальной конструкции:

- а) являющихся составной частью аварийного освещения,

получающего питание от независимого источника тока;

б) устанавливаемых в помещениях с повышенной опасностью (но не особо опасных).

Металлическая арматура светильников напряжением выше 36 В должна быть надежно заземлена.

Светильники с люминесцентными лампами на напряжение 127—220 В допускается применять для местного освещения при условии недоступности их токоведущих частей для случайных прикосновений. В помещениях сырых, особо сырых, жарких и с химически активной средой применение люминесцентных ламп для местного освещения допускается только в арматуре специальной конструкции.

Питание светильников на напряжение 36 В и ниже должно производиться от трансформаторов с электрически разделенными обмотками первичного и вторичного напряжения.

Осветительную арматуру общего и местного освещения, не обеспечивающую защиту от слепящего действия источника света, применять запрещается. Не допускается также снижать высоту подвеса светильников и высоту установки прожекторов над уровнем пола (настила, земли), установленную нормами.

Применение в производственных помещениях открытых (незащищенных) люминесцентных ламп не допускается, за исключением помещений, не предназначенных для длительного пребывания людей.

Установка и очистка светильников, смена ламп и плавких вставок и ремонт сети должны выполняться, как правило, при отключенном напряжении. Допускается, в виде исключения, выполнение указанных работ без снятия напряжения с соблюдением мер безопасности согласно требованиям ПТЭ и ПТБ.

Открытые токоведущие части осветительных щитков, контактные части штепсельных соединений, выключателей, переключателей и рубильников должны быть защищены кожухами или крышками.

Электрические двигатели

На электродвигателях и приводимых ими в движение механизмах должны быть нанесены стрелки, указывающие направление вращения механизма и электродвигателя.

Электропривод немедленно (аварийно) отключается от сети в случаях:

- а) появления дыма или огня из электродвигателя или его пускорегулирующей аппаратуры;
- б) несчастного случая с человеком, требующего немедленной остановки электродвигателя;
- в) вибрации сверх допустимых норм, угрожающей целости электродвигателя;
- г) поломки приводного механизма;
- д) нагрева подшипников сверх допустимого;
- е) сильного снижения числа оборотов, сопровождающегося быстрым нагревом электродвигателя.

У выключателей, контакторов, магнитных пускателей, рубильников и т. п., а также у предохранителей, смонтированных на групповых щитах, должны быть надписи, указывающие, к какому двигателю они относятся.

После остановки электродвигателя на ремонт с питающего кабеля на щите или сборке должно быть снято напряжение, а на приводе выключателя вывешен плакат: «Не включать — работают люди».

Снятие плаката «Не включать — работают люди» и включение машины могут быть произведены только после того, как лицо, производившее работы, сделает в журнале запись об окончании работ, а лицо, принявшее работу, сделает отметку о разрешении на включение электродвигателя.

Операции с пусковыми устройствами электродвигателей, имеющими ручное управление, должны производиться в диэлектрических перчатках.

Перед этими устройствами, расположенными в сырых местах, должны быть установлены изолирующие подставки.

Перед началом работ на электродвигателях должны быть приняты меры, препятствующие ошибочному включению выключателей и разъединителей, которыми произведено выключение (снятие рукояток с приводов, запирающие их на замок и т. п.).

Г. Связь, сигнализация и автоматика

Питание устройств связи, сигнализации и автоматики на фабриках должно производиться напряжением не выше 220 В от силовой сети, аккумуляторных батарей или выпрямительных установок.

Для устройств, питаемых напряжением не выше 24 В, допускается выполнение линий голыми проводами.

Все телефонные линии должны быть не менее чем двухпроводными.

Установки связи, сигнализации и автоматики должны обеспечиваться защитой от влияния линий высокого напряжения, грозовых разрядов и блуждающих токов.

. Работа в цепях устройств связи, сигнализации и автоматики должна производиться по исполнительным схемам. Работа без схем по памяти запрещается.

При работах необходимо пользоваться специальным электротехническим инструментом с изолированными ручками, у отверток должно быть изолированное жало.

Запрещается на панелях или вблизи места размещения устройств сигнализации и автоматики производить работы, вызывающие сильное сотрясение аппаратуры, грозящее ложным их действиям.

3.3 ВНУТРИФАБРИЧНЫЙ ТРАНСПОРТ

При подаче руды автомобильным транспортом движение

автомобилей должно регулироваться дорожными знаками безопасности движения.

Скорость и порядок движения автомашин и поездов с грузом и порожняком на территории предприятия устанавливается предприятием с учетом местных условий и регламентируется соответствующей инструкцией.

В местах перехода трудящихся через железнодорожные пути на фабриках должно предусматриваться строительство переходных мостиков или тоннелей. В случае невозможности строительства последних необходимо устраивать световую и звуковую сигнализацию, извещающую о приближении подвижного состава.

При погрузке пылящих продуктов должны приниматься меры по пылеподавлению и применяться индивидуальные средства защиты от пыли.

3.3.1 НЕПРЕРЫВНЫЙ ТРАНСПОРТ

Контроль за состоянием и безопасной эксплуатацией конвейеров и других видов непрерывного транспорта возлагается на начальников и механиков соответствующих участков фабрик.

На ленточных конвейерах должны быть предусмотрены устройства, выключающие привод при обрыве и пробуксовке ленты, обрыве канатов натяжных устройств и забивке разгрузочных воронок или желобов.

Ленточные конвейеры должны иметь устройства для механической очистки ленты и барабанов от налипающего материала.

Для разгрузочной тележки на конвейерах должны предусматриваться концевые выключатели.

Подвод питания к электродвигателям автоматически сбрасывающих тележек и передвижных челноковых конвейеров должен быть выполнен подвесными шланговыми кабелями. Допускается питание электродвигателей автоматически сбрасывающих тележек и передвижных

челноковых конвейеров по контактными проводам, расположенным на высоте не менее 3,5 м от пола или обслуживаемых площадок. При меньшей высоте подвески троллейного провода (в пределах от 3,5 до 2,2 м) должно устраиваться специальное его ограждение.

Разгрузочные тележки должны оборудоваться устройствами, исключающими самопроизвольное их движение.

Уборка просыпавшегося материала из-под ленточных конвейеров должна быть механизирована (гидравлическая уборка и др.). Уборка материала вручную из-под головных, хвостовых и отклоняющих барабанов разрешается только при остановленном конвейере, электрическая схема привода которого должна быть разобрана, а на пусковых устройствах вывешены предупредительные плакаты «Не включать — работают люди». Головные и хвостовые барабаны ленточных конвейеров должны иметь ограждения, исключающие «возможность» производить уборку просыпающегося материала у барабанов во время его работы.

Ограждение головных и хвостовых барабанов должно быть заблокировано с двигателем конвейера, исключающее пуск его в работу при снятом ограждении.

Лента конвейера при движении не должна иметь боковых смещений, выходящих за пределы краев барабанов и роlikоопор. Направлять движение ленты руками и заполнять ее бортовые уплотнения без специальных приспособлений при работе конвейеров запрещается.

В проходах конвейерных галерей с наклоном более 7° должны быть устроены ступени или деревянные трапы.

Элеваторы, скребковые конвейеры и шнеки, транспортирующие сухие и пылящие материалы, должны быть закрыты кожухами по всей длине, а места загрузки и разгрузки при этом должны быть герметизированы. Для наблюдения за работой элеваторов в кожухе устраиваются смотровые окна с плотно закрывающимися дверцами.

Элеваторы, транспортирующие мокрые продукты, во избежание

разбрызгивания пульпы должны быть по всей длине закрыты предохранительными щитами или кожухами. Элеваторы должны иметь аварийные выключатели как у мест загрузки, так и у мест разгрузки.

При одновременной работе нескольких последовательных конвейеров с другими машинами двигатели отдельных аппаратов и машин должны быть заблокированы. При этом:

а) пуск и остановка должны предусматриваться в определенной последовательности согласно технологической схеме фабрики;

б) в случае внезапной остановки какой-либо машины или конвейера предыдущие машины или конвейеры должны автоматически отключаться;

в) должна устраиваться местная блокировка, предотвращающая дистанционный пуск конвейера или машины с пульта управления.

Все конвейеры должны иметь устройства, обеспечивающие остановку их из любой точки по его длине со стороны основных проходов.

Все элеваторы должны быть оборудованы тормозными устройствами, исключающими обратный ход механизма при его остановке и ловителями при обрыве ковшовой цепи.

На конвейерах, где возможно скатывание с рабочей ветви материала, должны устанавливаться предохранительные борта.

Скаты саморазгружающихся тележек и самоходных конвейеров должны быть ограждены. Зазор между ограждением и головкой рельса не должен превышать 10 мм.

Грузы натяжных устройств конвейеров, а также и натяжные барабаны должны быть ограждены и располагаться так, чтобы в случае обрыва ленты или каната исключалась возможность падения груза или барабана на людей или оборудование, расположенное на нижележащих этажах.

3.4 ДРОБЛЕНИЕ И ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ

Рабочая площадка оператора, наблюдающего за подачей руды в

дробилку и ее работой, должна иметь решетчатые металлические ограждения для предохранения от возможного выброса кусков руды из дробилки на площадку.

При спуске людей в рабочее пространство дробилок обязательно применение предохранительных поясов и устройство над загрузочными отверстиями дробилок временных настилов, предохраняющих людей от случайного падения посторонних предметов.

Резка металла, попавшего в дробилку, должна производиться под наблюдением лица технического надзора по наряд-допуску.

. В случае аварийной остановки дробилок под «Завалом» разбутовка и запуск должны производиться по специально разработанным инструкциям, утвержденным главным инженером предприятия.

Перекрытия и площадки, на которых располагаются вибрационные грохоты, должны быть рассчитаны на восприятие и поглощение вибраций, возникающих при работе вибрационных и быстроходных грохотов.

В разгрузочных и загрузочных воронках грохотов по всей их ширине должны быть предусмотрены защитные приспособления, предохраняющие обслуживающий персонал от случайного выброса кусков руды.

. Перед запуском грохотов в работу необходимо тщательно осмотреть все крепления, обратив особое внимание на крепление неуравновешенных дебалансных грузов.

В целях предупреждения выброса кусков руды из дробилок загрузочные отверстия должны:

а) для конусных дробилок — закрываться глухими съемными ограждениями;

б) для щековых дробилок — ограждаться боковыми глухими ограждениями высотой не менее 1 м с козырьками, препятствующими выбросу кусков руды из рабочего пространства дробилки в помещение.

Шуровка в выпускных отверстиях питателей, подающих руду на грохот, в загрузочных и разгрузочных воронках при работающих

питателях и грохотах может быть допущена только при наличии специальных шуровочных отверстий.

Очистка вручную разгрузочных воронок грохотов и спуск людей в разгрузочные воронки могут быть допущены при соблюдении § 322 настоящих Правил. Электродвигатели грохотов при этом должны быть отключены и на пусковых устройствах вывешены предупредительные плакаты: «Не включать — работают люди».

Расчищать лотки электровибропитателей во время их работы, становиться на борта питателя, прикасаться к ним, а также производить очистку зазоров виброприводов запрещается.

3.5 ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

При местном управлении пусковые устройства мельниц и классификаторов должны быть расположены таким образом, чтобы лицо, включающее мельницу и классификатор, могло наблюдать за их работой.

Внутренний осмотр и ремонт мельницы после остановки должны производиться только после проветривания ее рабочего пространства и обеспечения нормального состава воздуха.

Работа внутри мельницы допускается под наблюдением лица технического надзора или бригадира и в присутствии одного наблюдающего снаружи.

Отвертывать гайки крышки люка или ослаблять их, когда мельница находится в положении люком вниз, а также закреплять болты кожуха улиткового питателя на ходу мельницы запрещается.

При погрузке шаров в контейнеры место погрузки должно быть ограждено и вывешен плакат «Опасно!».

При подъеме контейнера люди должны находиться от него на безопасном расстоянии. Контейнеры должны загружаться шарами па 100 мм ниже бортов.

Производить подключение электромагнита электромагнитного крана

разрешается только лицу электротехнического персонала.

В случае использования шаровых питателей, а также механизмов по загрузке стержней должны быть разработаны специальные инструкции, определяющие порядок их безопасной работы.

Для обслуживания классификаторов рабочие площадки должны располагаться на уровне не менее чем 600 мм ниже борта ванны классификатора. Со стороны, противоположной ванне классификаторов, рабочая площадка оборудуется металлическими перилами высотой 1000 мм.

На классификаторах должны быть мостики (площадки) с перилами для безопасного обслуживания механизмов вращения и подъема спиралей или реек.

3.6 ОТДЕЛЕНИЯ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ

При эксплуатации электромагнитных и магнитных сепараторов запрещается подносить к магнитной системе железные предметы. При остановке электромагнитного сепаратора напряжение с обмоток магнитной системы должно сниматься.

3.7 ГРАВИТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ

Во время работы аппарата гравитационного обогащения проверка вручную прочности крепления рабочих частей аппарата, смазка подшипников, извлечение посторонних предметов из аппарата запрещается.

Отбор проб мытой руды вручную разрешается производить только в специально для этой цели предусмотренных местах аппаратов и вспомогательного оборудования.

. При эксплуатации золотниковых устройств роторного типа окна для выброса воздуха в атмосферу должны быть перекрыты металлической

сеткой.

Запрещается вручную отбирать пробы продуктов обогащения непосредственно с движущихся механизмов.

В аппаратах, применяемых для обогащения в тяжелых суспензиях, скалывание застывшего ферросилиция с металлических частей оборудования без защитных очков не допускается.

Желоба, подводящие материал к аппарату и отводящие продукты обогащения, при наклоне более 45° должны быть сверху закрыты во избежание выбрасывания крупных кусков руды.

3.8 СКЛАДЫ КОНЦЕНТРАТОВ

При формировании хребтовых складов с помощью штабелеукладчиков не допускается:

- а) засыпка рельсового пути и водосборных канав;
- б) оледенение рабочих площадок, трапов, лестниц.

Район действия штабелеукладчика в темное время суток должен быть освещен.

При транспортировании сыпучих материалов на склад по трубопроводам необходимо обеспечить герметичность их соединений и мест пересыпок. В местах, где герметизация невозможна по условиям технологии, необходимо предусматривать системы аспирационного отсоса.

На складах исходного сырья и готовой продукции запрещается стоять и передвигаться по откосам штабеля складированного материала.

В темное время суток железнодорожные пути на складах должны быть освещены, работы при неосвещенных путях запрещаются.

Во время работы экскаватора люди (включая и обслуживающий персонал) должны находиться вне зоны действия ковша.

Чистка ковша (ротора) должна производиться только во время остановки экскаватора и только с ведома машиниста экскаватора. Ковш

(ротор) должен быть в этом случае опущен на землю.

При погрузке материалов экскаваторами или мостовыми перегружателями в железнодорожные вагоны бригада должна подчиняться сигналам машиниста экскаватора или перегружателя, подаваемым в соответствии с правилами железнодорожного транспорта.

В нерабочее время ковш экскаватора (ротор погрузчика) должен быть опущен на почву, кабина заперта, электрический кабель отключен.

Во время работы многочерпаковых экскаваторов и мостовых перегружателей люди не должны находиться у загружаемых вагонов, под грузочными, разгрузочными люками, конвейерами и перегрузочными устройствами.

Для складов с разгрузкой посредством экскаваторов высота штабеля руды и концентратов должна приниматься в соответствии с требованиями «Единых правил безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом».

Запрещается нахождение людей в радиусе действия тросов, блоков, скрепера в период работы.

При погрузке и разгрузке материалов должны быть приняты меры, обеспечивающие снижение запыленности воздуха в рабочей зоне до санитарных норм.

В случае невозможности обеспечения санитарных норм рабочие должны пользоваться респираторами.

При использовании на складах бульдозеров не разрешается оставлять их с работающим двигателем без присмотра.

Максимальные углы откоса складироваемого материала не должны превышать при работе бульдозеров на подъем 25° , а при работе под уклон (спуск с грузом) 30° . Уклон подъездных путей к бункерам при погрузке материала не должен превышать 6° .

. Пешеходные и шоссейные дороги должны быть ограждены со стороны складов кусковых руд бруствером или оградой.

В складах, загружаемых посредством ленточных конвейеров, самоходных бункеров или роторных экскаваторов, продольные щели верхней галереи, через которые материал сбрасывается в склад, должны быть ограждены постоянными перилами или закрыты решетками с отверстиями размером не более 200×200 мм.

3.9 ХВОСТОВОЕ ХОЗЯЙСТВО

Хвостохранилища, шламоохранилища и другие гидротехнические сооружения, связанные с процессом добычи и переработки полезных ископаемых, должны возводиться по проектам, утвержденным в установленном порядке. Площадки для устройства хвостохранилища, санитарно-защитные зоны, промышленные и бытовые помещения, устройство проходов, мостов и колодцев, а также чистота сбрасываемых хвостовых вод в открытые водоемы и чистота воздушного бассейна в этом районе должны отвечать требованиям действующих правил и норм.

Между хвостохранилищем и ближайшим жилым пунктом или предприятием необходимо предусматривать санитарно-защитную зону, ширина которой принимается в соответствии с действующими санитарными нормами проектирования промышленных предприятий.

Для лиц, занятых на эксплуатации хвостохранилища, должны быть предусмотрены помещения для обогрева и приема пищи.

Способ очистки хвостовых вод перед выпуском их в водоем должен приниматься в зависимости от местных условий и в соответствии с требованиями действующих санитарных норм проектирования промышленных предприятий. Запрещается спуск воды из хвостохранилища в открытые водоемы (реки, озера, пруды) без соответствующей их очистки до санитарных норм.

Вдоль пульповодов, укладываемых на эстакадах, мостах, в насыпях или выемках, для безопасного их обслуживания должны устраиваться проходы шириной не менее 0,7 м. Проходы на эстакадах и мостах должны

иметь ограждения высотой не менее 1 м.

Туннели, в которых прокладываются трубопроводы, отводящие осветленные воды из хвостохранилища, а также пульповоды, должны быть оборудованы вентиляцией и аварийным освещением.

Водоприемные колодцы коллектора осветленных вод должны устраиваться со скобами для спуска и подъема людей и ограждаться плавучими устройствами для предохранения коллекторов от попадания в них посторонних плавающих предметов.

При сообщении водоприемных колодцев с берегом при помощи моста ширина его должна быть не менее 1 м. Мост должен быть огражден перилами высотой не менее 1 м.

Плавучие средства, имеющиеся на хвостохранилище, должны быть исправными, иметь надпись с указанием грузоподъемности и иметь на борту спасательное имущество (спасательные круги или шары, пеньковый канат и черпаки для вычерпывания воды).

Участки намывного хвостохранилища, не обладающие достаточной несущей способностью для движения пешеходов, должны быть ограждены и на них установлены предупредительные плакаты и знаки.

Для обслуживания намыва хвостохранилища должны устраиваться мостики с перилами. Подходить к воде отстойного пруда, а также к вымоинам, провалам или воронкам, образовавшимся на хвостохранилище, а также хождение по льду отстойного пруда запрещается.

Максимальный уровень воды в отстойном пруде должен быть ниже гребня намывной дамбы не менее чем на 1,5 м, а ширина пляжа должна быть равна не менее 2,5-кратной высоте дамбы хвостохранилища на момент намыва.

Запрещается купание в отстойных прудах хвостохранилищ, использование воды хвостохранилища для хозяйственно-питьевой цели, водопоя животных, а также хождение по территории хвостохранилища посторонних лиц.

Осмотр водосбросных сооружений и производство в них ремонта должно производиться по специальному наряду-допуску в соответствии с инструкцией по работе в емкостях, колодцах, коллекторах. О нахождении людей в колодце должны быть вывешены плакаты.

Количество людей, одновременно находящихся в коллекторе, должно быть не менее двух. Кроме того, на все время пребывания людей в коллекторе при входе или выходе из него должно находиться не менее двух человек.

Люди, находящиеся в коллекторе, должны быть снабжены фонарем и иметь телефонную связь с людьми на входе или выходе.

Спуск в водоприемный колодец разрешается при условии нахождения на поверхности у колодца двух человек, могущих оказать помощь.

Лицо, спускающееся в колодец на глубину свыше 5 м, должно иметь электрофонарь и поддерживать связь с людьми, находящимися на поверхности.

При спуске в колодец обязательно применение предохранительного пояса и пенькового каната, конец которого должен быть надежно закреплен за спусковые скобы или стойки колодца.

В помещениях пульпонасосных станций должны быть вывешены инструкции по безопасному обслуживанию насосных агрегатов, схемы коммуникаций трубопроводов, задвижек и вентилях. Обслуживание запойной и регулирующей арматуры должно быть безопасным, а арматура должна быть исправной.

Для предотвращения пыления поверхностного слоя хвостохранилища должны осуществляться меры по его закреплению.

Взрывные работы вблизи дамбы хвостохранилища разрешается производить только после расчета, подтверждающего ее устойчивость.

На каждой фабрике должен составляться план ликвидации аварий на случай размыва дамбы хвостохранилища. План ликвидации аварий

пересматривается ежегодно и утверждается главным инженером фабрики.

3.10 ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ПРАВИЛ БЕЗОПАСНОСТИ

Должностные лица предприятий и организаций, ведущие переработку рудных и нерудных полезных ископаемых, а также инженерно-технические работники учреждений, осуществляющих проектирование, конструирование, исследования и другие работы для этих предприятий и организаций, виновные в нарушении настоящих Правил, несут личную ответственность независимо от того, привело или не привело это нарушение к аварии или несчастному случаю.

Выдача должностными лицами указаний или распоряжений, принуждающих подчиненных нарушать правила безопасности и инструкции к ним, самовольное возобновление работ, остановленных органами госгортехнадзора или технической инспекцией труда, а также непринятие этими лицами мер по устранению нарушений, которые допускаются в их присутствии подчиненными им должностными лицами или рабочими, являются грубейшими нарушениями правил.

В зависимости от характера нарушений и их последствий все указанные лица несут ответственность в дисциплинарном, административном или судебном порядке.

Рабочие при невыполнении ими требований безопасности, изложенных в инструкциях по безопасным методам работ по их профессиям, в зависимости от характера нарушений несут ответственность в дисциплинарном или судебном порядке.