

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
УКРНИИУГЛЕБОГАЩЕНИЕ ИНСТИТУТ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

МИНИСТЕРСТВО ТЯЖЕЛОГО, ТРАНСПОРТНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ СССР
ГИПРОМАШУГЛЕБОГАЩЕНИЕ

РЕКОМЕНДАЦИИ

**ПО ПРИМЕНЕНИЮ ГИДРОЦИКЛОННЫХ УСТАНОВОК
ДЛЯ БОГАЩЕНИЯ МЕЛКОГО УГЛЯ В МАГНЕТИТОВОЙ
СУСПЕНЗИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Москва
1967

МИНИСТЕРСТВО ТЯЖЕЛОГО, ТРАНСПОРТНОГО И ЭНЕРГЕТИ-
ЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ СССР
ГИПРОМАШУГЛЕБОГАЩЕНИЕ

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ ГИДРОЦИКЛОННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ
МЕЛКОГО УГЛЯ В МАГНЕТИТОВОЙ СУСПЕНЗИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
ПАРАМЕТРЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Зам. директора института
УкрНИИУглеобогащение по
научной части, к.т.н.

Рассвет А.М.Коткин

Зав. лабораторией тяжелых
суспензий

Землянский П.П.Землянский

Руководитель темы

Коробко В.В.Коробко

Зам. директора Института
горючих ископаемых по
научной части, к.т.н.

Егоров Н.С.Егоров

Зав. лабораторией тяжелых
суспензий

Горлов И.П.Горлов

Руководитель темы

Иофа М.Б.Иофа

Гл. инженер института Гипромаш-
уголеобогащение

Дьяков Г.И.Дьяков

Гл. конструктор проекта

Кабаченко В.С.Кабаченко

1. ВВЕДЕНИЕ

Гидроциклоны с тяжелой суспензией для обогащения мелкого угля и переобогащение промпродукта отсадки получают все более широкое распространение за рубежом.

Это объясняется высокой точностью разделения и возможностью производить обогащение как по низким ($1,3 \text{ г/см}^3$), так и по высоким (до $2,2 \text{ г/см}^3$) плотностям. Точность разделения, определяемая средним вероятным отклонением по Терра, составляет $E_p = 0,03 - 0,05$.

Преимуществом метода является также независимость плотности и точности разделения от колебаний нагрузки и фракционного состава исходного угля.

При обогащении в тяжелой суспензии эффективность разделения не зависит от формы частиц, и наличие в исходном материале зерен пластинчатой формы не ухудшает сепарации.

Глубина обогащения в гидроциклонах с тяжелой суспензией больше глубины обогащения в отсадочных машинах, поэтому эффективно обогащаются зерна крупностью до $0,25-0,15 \text{ мм}$.

Благодаря высокой точности разделения и меньшему взаимозасорению продуктов выход концентрата заданного качества сравнительно с отсадкой получается большим, что компенсирует относительно большие эксплуатационные затраты.

Преимущества этого метода особенно заметны при обогащении труднообогащаемых углей.

В ряде случаев применение гидроциклонов с тяжелой суспензией экономически оправдано и при обогащении углей средней обогащаемости.

В таблице I показано число действующих гидроциклонных установок и их производительность в различных странах по состоянию на конец 1960 г. и начало 1964 г.

таблица 1

Страна	: Работают на : I.I.6Iг.		: Построено с : I.I.6I по I.3.64гг.		: Итого	
	: К-во	: 91-т/ч	: К-во	: 91-т/ч	: К-во	: 91-т/ч
Англия	3	235	8	1400	11	1635
Бельгия	8	1084	-	-	8	1084
Франция	1	200	2	405	3	605
Германия	7	556	1	100	8	656
Югославия	1	45	1	-	1	45
Чехословакия	9	1205	1	264	10	1469
С Ш А	5	692	3	2095	13	2787
Бразилия	1	65	-	-	1	65
Норвегия	1	35	-	-	1	35
Испания	3	200	2	115	5	315
Польша	-	-	1	77	1	77
Родезия	1	92	-	-	1	92
Южная Африка	2	400	2	190	4	590
Голландия	4	395	-	-	4	395
Индия	1	140	4	1752	5	1892
Венгрия	1	183	-	-	1	183
Австралия	-	-	2	234	2	234
Япония	-	-	1	160	1	160
С С С Р	-	-	1	208	1	208
	48	5527	33	7000	81	12527

Средняя мощность одной установки, составлявшая 115 т/ч до 1960 г., в последующие годы увеличилась до 212 т/ч. Сданы в эксплуатацию и сооружается ряд мощных установок: "Катхара" и "Бхудиш" (Индия) производительностью более 600 т/ч и "Кембридж" (США) производительностью 1225 т/ч.

Широкое развитие обогащения мелочи в гидроциклонах получило после 1960 г.: в США (8 установок общей производительностью 2095 т/ч), Англии (8 установок на 1400 т/ч), Индии (4 установки на 1752 т/ч). Ряд новых гидроциклонных установок большой мощности сооружен или сооружается во Франции (на ОФ "Барруа" и "Брэм" производительностью по 365 т/ч). Намечается сооружение 16 гидроциклонных установок до 1968 г. в Японии.

Гидроциклоны с тяжелой суспензией начинают применяться и на углеобогажительных фабриках СССР.

С 1962 г. действуют гидроциклонные установки для обогащения мелочи в глинистопиритной суспензии на ОФ Черкасская-Северная № 1 и 2. С 1965 г. эксплуатируется гидроциклонная установка производительностью 208 т/ч для переобогащения промпродукта отсадки на Беловской ЦОФ в Кузбассе, построенная по проекту и с применением оборудования фирмы "Ведаг" (ФРГ).

Зарубежная практика обогащения мелкого угля в магнетитовой суспензии базируется на применении в качестве сепаратора двухпродуктового цилиндрикоконического гидроциклона.

В Советском Союзе институтами УкрНИИУглеобогащение и ИГи разработан новый способ сепарации с применением трехпродуктового каскадного гидроциклона. Использование этого аппарата вместо обычного двухпродуктового в установках, предназначенных для выделения трех продуктов, позволяет значительно упростить технологическую схему, снизить капитальные и эксплуатационные затраты.

**II. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ГИДРОЦИКЛОНОВ-СЕПАРАТОРОВ
ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ УГОЛЬНОЙ МЕЛОЧИ В МАГНЕТИТОВОЙ СУС-
ПЕНЗИИ**

Гидроциклоны-сепараторы можно применять в проектах обога-
тельных фабрик для:

- обогащения мелкого угля;
- переобогащения промпродукта отсадочных машин;
- обогащения мелкого угля для получения малозольного концентрата.

Целесообразность применения гидроциклонов в каждом отдельном случае определяется технико-экономическим сопоставлением с ва-
риантом, предусматривающим использование отсадочных машин.

Каскадные трехпродуктовые гидроциклоны рекомендуются при-
менять при обогащении труднообогатимых углей и переобогащении
промпродукта. Двухпродуктовые гидроциклоны целесообразно ис-
пользовать в технологических схемах, не предусматривающих выде-
ление третьего /промежуточного/ продукта.

Предельные значения крупности исходного продукта обогаще-
ния в гидроциклонах 25 и 0,5 мм.

В зависимости от конкретных условий крупность машинного
класса гидроциклона-сепаратора может быть принята :

0,5 - 6 мм	6 - 25 мм
0,5 -13 мм	0,5 - 25 мм

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ГИДРОЦИКЛОННЫХ УСТАНОВОК

Технологическая схема гидроциклонной установки состоит
из систем:

- подачи угля;
- дешламации;
- циркуляции рабочей суспензии;
- подачи перемывочного продукта;
- регенерации;
- приготовления рабочей суспензии;
- автоматического регулирования плотности суспензии
и уровней в резервуарах.

Система подачи перемишочного продукта применяется только при получении трех продуктов в двухпродуктовых цилиндрико-конических гидроциклонах. При использовании каскадных гидроциклонов и обогащении на два продукта эта система будет отсутствовать.

При переобогащении промпродукта отсадки специальная система подачи исходного материала может отсутствовать, так как ее функции будут выполнять обезвоживающие элеваторы отсадочных машин.

В случаях, когда обогащение крупного и мелкого угля производится в тяжелой суспензии, системы регенерации и приготовления рабочей суспензии делаются общими для всей фабрики.

Гидроциклонные установки производительностью более 150-200 т/ч обычно выполняются секционно. Каждая секция производительностью 50-100 т/ч обычно включает системы 2-4 при общей системе подачи угля, регенерации и приготовления суспензии.

1. Система подачи угля предназначена для перемещения подрешетного продукта классификационных грохотов или промпродукта отсадочных машин к системе дешламации и может быть сухой или гидравлической.

Сухая система подачи осуществляется с применением ленточных конвейеров (рис.1), ковшовых элеваторов (рис.2) или других механизмов (рис.3).

Гидравлическая система подачи (рис.4) обеспечивает большую гибкость при компоновке оборудования, но применение углесосов вызывает повышенное измельчение угля.

Система подачи с помощью багер-зумпфа (рис.5) совмещает функции двух систем-подачи и дешламации угля.

2. Система дешламации. Задача системы заключается в отделении шлама крупностью менее 0,5 мм от мелкого угля и обезвоживании дешламированного мелкого угля перед подачей его на обогащение в гидроциклоны.

Содержание шлама в дешламированном угле не должно превышать 3-5%, внешняя влажность обезвоженного угля - 12-15%.

Система дешламации состоит из смешительного желоба, дугового сита и обезвоживающего грохота (рис.6,7).

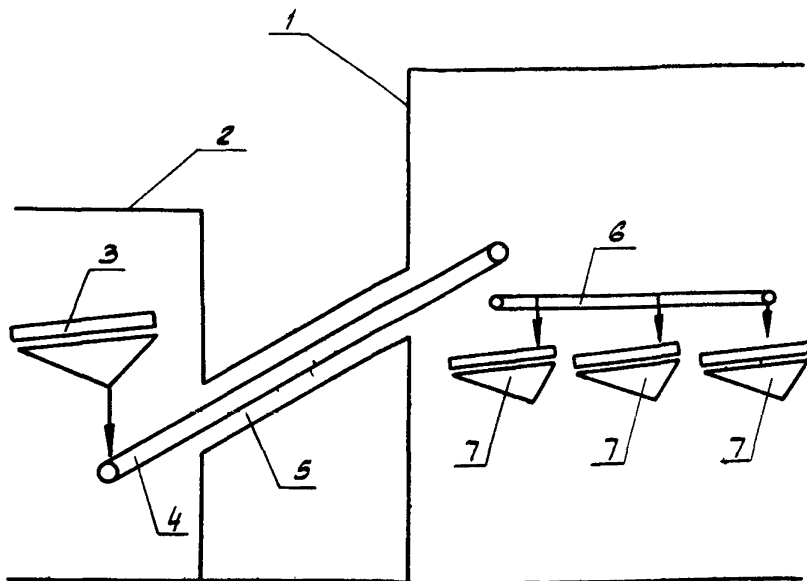


Рис.1. Система подачи угля ленточным конвейером:
 1 - главный корпус ОФ; 2 - корпус углеподготовки;
 3 - классификационные грохоты; 4 - ленточный конвейер;
 5 - галерея; 6 - распределительный конвейер;
 7 - дещламинационные грохоты

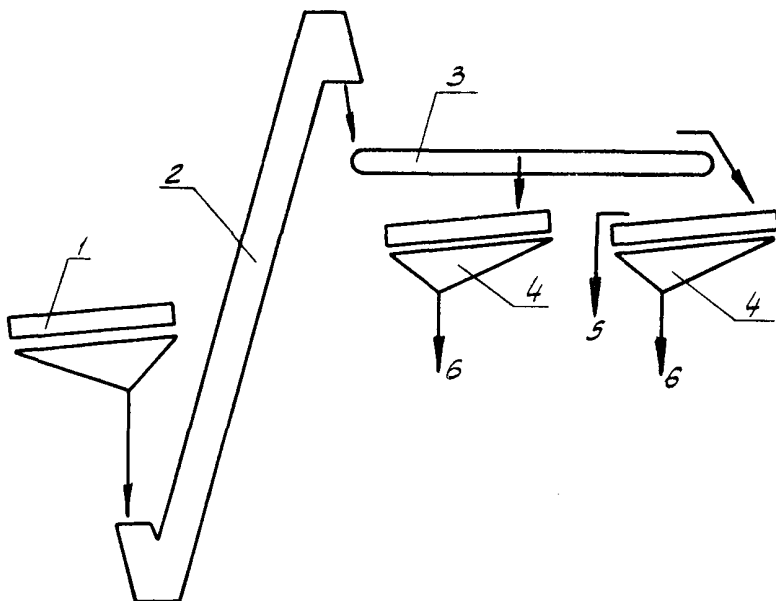


Рис.2. Система подачи угля ковшовым элеватором:
 1 - классификационные грохоты; 2 - ковшовый элеватор; 3 - распределительный конвейер;
 4 - дешламационные грохоты; 5 - дешламированный уголь на обогащение в гидроциклоны; 6 - подрешетные воды на дешламацию

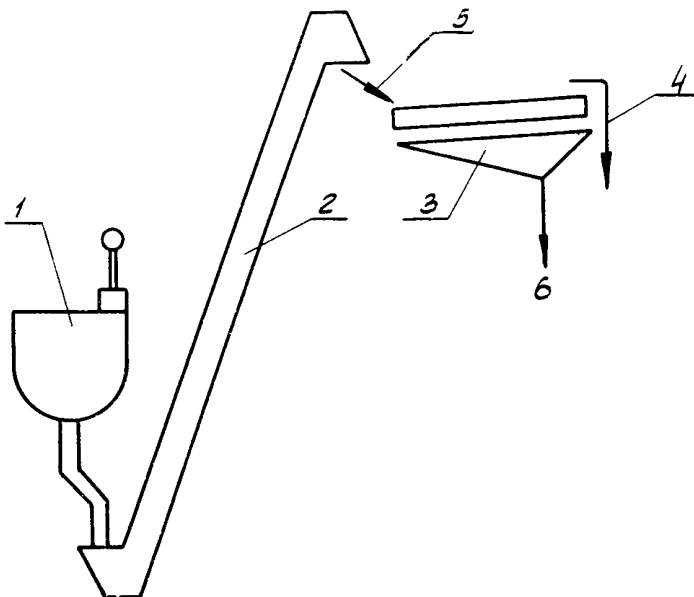


Рис.3. Подача угля элеваторами отсадочных машин:
 1 - отсадочная машина; 2 - продуктовый элеватор; 3 - дешламационный грохот;
 4 - дешламированный продукт к смесителю;
 5 - промпродукт отсадочной машины;
 6 - шламовые воды на осветление

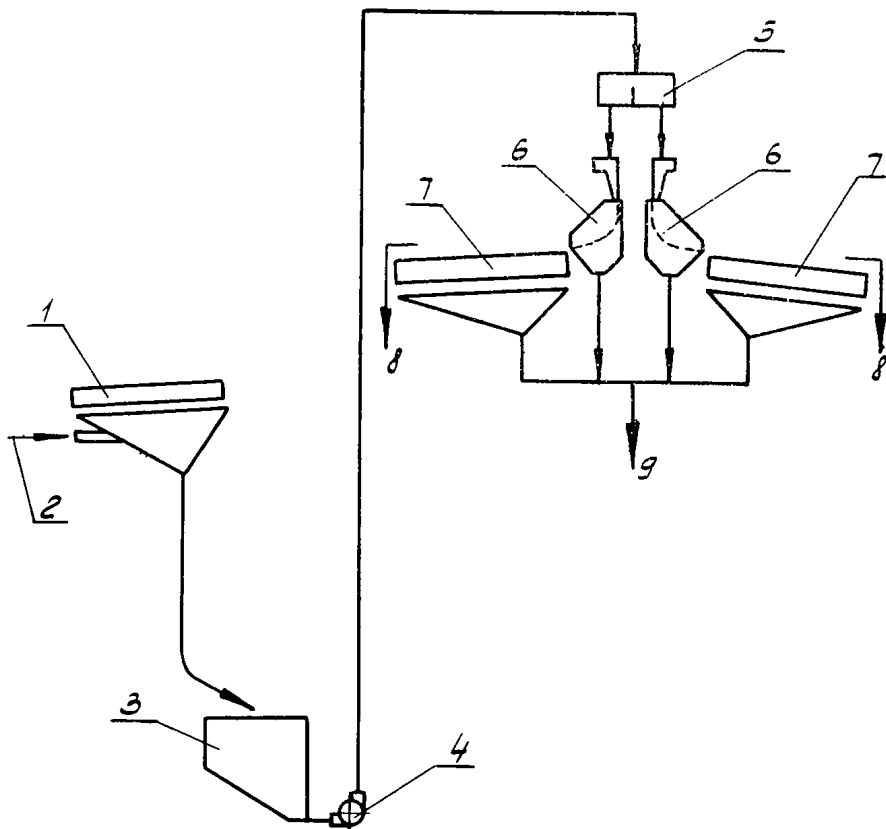


Рис.4. Гидравлическая система подачи:

1 - классификационные грохоты; 2 - подача смывной воды; 3 - зумпф; 4 - насос; 5 - делитель
 6 - дуговые сита; 7 - дешламационные грохоты;
 8 - дешламированный уголь к смесителям; 9 - подрешетные воды на осветление

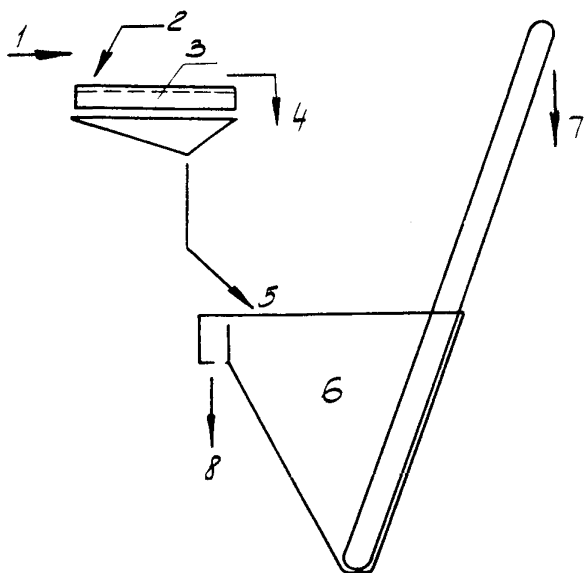


Рис. 5. Система подачи и дешламации с багер-зумпфом:
 1 - рядовой уголь; 2 - обратная вода; 3 - классификационный грохот; 4 - крупный машинный класс на обогащение; 5 - мелкий уголь + вода; 6 - багер-зумпф; 7 - дешламированный мелкий уголь к смесителю; 8 - перелив на осветление

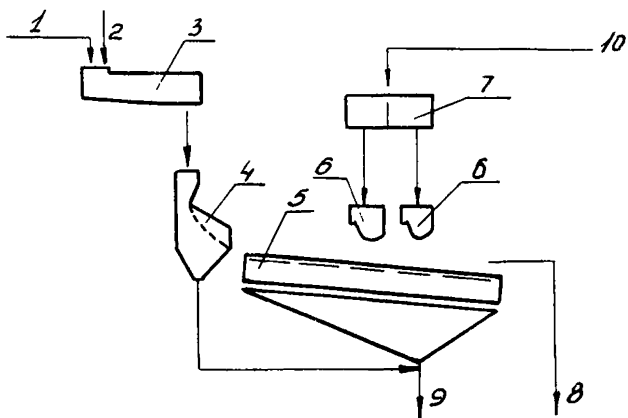


Рис.6. Система дешламации при сухой подаче угля:

1 - уголь; 2 - осветленная вода; 3 - смешительный желоб; 4 - дуговое сито; 5 - дешламационный грохот; 6 - брызгала; 7 - делительный бачок; 8 - дешламированный уголь; 9 - шламовые воды на осветление; 10 - техническая вода

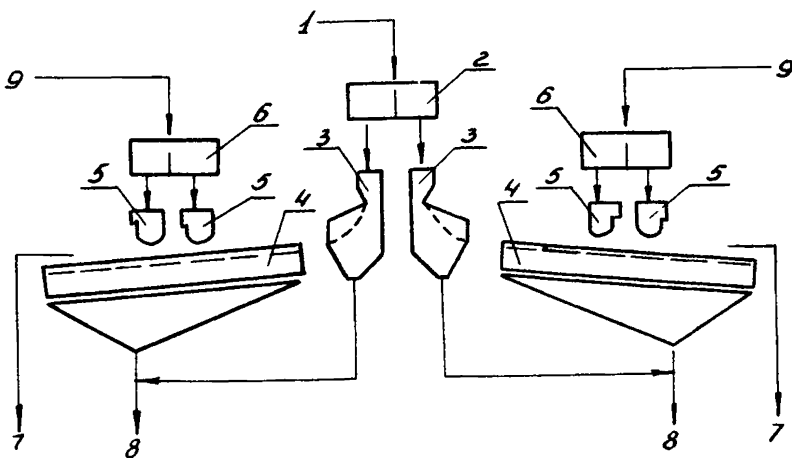


Рис.7. Система дешламации при гидравлической подаче угля:

1 - пульпа от углесоса; 2 - делительный бачок; 3 - дуговые сита; 4 - дешламационные грохоты; 5 - брызгала; 6 - делительные бачки; 7 - уголь на обогащение; 8 - шламовая вода на осветление; 9 - техническая вода

Смесительные желоба применяются при сухой подаче угля и предназначены для смешения исходного материала с оборотной водой. Образующаяся пульпа поступает на дуговые сита и обезвоживающие грохоты, где основная часть воды и шлама выделяются в подрешетный продукт. При гидравлической подаче исходного угля вместо смесительных желобов применяется пульподелитель, который распределяет пульпу из напорного трубопровода на дешламационные грохота.

Основная функция дуговых сит заключается в сбросе основной массы воды в подрешетный продукт и предотвращении заливки дешламационных грохотов. Операция дешламации в основном завершается на дуговых ситах, однако надрешетный продукт содержит значительное количество воды ($T:K = I : I$) и требует дополнительно обезвоживания.

Введение дуговых сит в систему дешламации позволило разгрузить обезвоживающие грохоты от больших масс воды и в 2 раза сократить их площадь.

Иногда вместо дуговых сит применяются плоские шпальтовые сита предварительного сброса. Однако они имеют меньшую удельную производительность и эффективность дешламации, поэтому применяются сравнительно редко.

Завершение дешламации и окончательное обезвоживание мелкоугольного угля производится на обезвоживающих грохотах.

Для этой цели применяются исключительно вибрационные грохоты с инерционными ускорениями более $4g$, которые обеспечивают минимальную внешнюю влажность угля, поступающего в гидроциклоны. Влажность дешламированного угля должна быть минимальной, так как избыточная вода, поступающая в рабочую суспензию, вызывает необходимость дополнительного сброса суспензии на регенерацию, требует увеличения мощности системы регенерации и в конечном итоге приводит к повышенным потерям магнетита. Поэтому для дешламации нежелательны тихоходные качающиеся грохота (типа ГПО-4М, БКГО-М2А и др.).

Для обеспечения тщательной дешламации над грохотами иногда устанавливают один-два ряда брызгал, к которым подводят чистую техническую воду (до $0,5 \text{ м}^3/\text{т}$).

Дешламация исходного угля должна производиться по зерну $0,5 \text{ мм}$.

3. Система обогащения угля и циркуляции рабочей суспензии. Система предназначена для обеспечения аккумуляции и циркуляции рабочей суспензии, осуществлении сепарации обогащаемого материала по плотности.

Система включает в себя следующее оборудование:
резервуар рабочей суспензии, емкостью 10-20 м³;
циркуляционные насосы (основной и резервный);
напорный трубопровод;
делитель суспензии;
смеситель;
обогащительные гидроциклоны (1-2 на секцию);
дуговые сита;
обезвоживающие грохота.

При разделении исходного угля на два конечных продукта обогащения используется одна система циркуляции суспензии (рис.8,а); при разделении на три продукта (концентрат, промпродукт и породу) в цилиндрикоконическом гидроциклоне число систем циркуляции увеличивается до двух: системы циркуляции суспензии низкой плотности и системы циркуляции суспензии высокой плотности. В первой системе осуществляется разделение исходного материала на концентрат и смесь промпродукта и породы (перемывочный продукт, микст). С помощью системы подачи перемывочного продукта микст поступает в систему циркуляции суспензии высокой плотности и разделяется на конечные продукты: промпродукт и породу.

Схема обогащения и циркуляции суспензии значительно упрощается, если для разделения на три продукта используется трехпродуктовый каскадный гидроциклон (рис.8,б). В этом случае применяется одна система циркуляции, аналогичная схеме двухпродуктовой сепарации (за исключением дополнительного дугового сита и грохота для обезвоживания и промывки третьего продукта).

4. Система подачи перемывочного продукта. Необходимость в системе подачи перемывочного продукта возникает в том случае, когда обогащаемый материал разделяется на три конечных продукта в двухпродуктовых гидроциклонах.

На фабриках где высота главного корпуса большая, перемывочный продукт, выделяемый в системе циркуляции суспензии низкой плотности, самотеком поступает на переобогащение в перечистные гидроциклоны (рис.9).

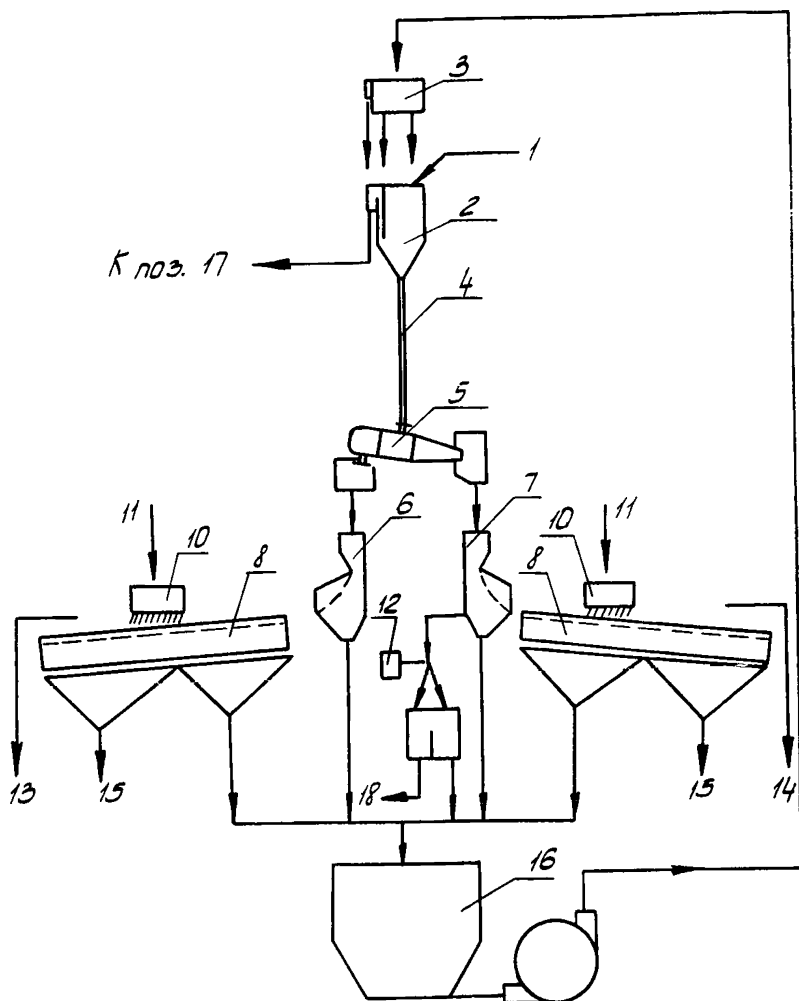


Рис.8.а Система циркуляции рабочей суспензии при обогащении в двухпродуктовом гидроциклоне:

I - дешламированный уголь; 2 - смеситель; 3 - делительный бак; 4 - напорный трубопровод; 5 - обогащительный циклон; 6,7 - дуговые сита; 8 - обезвоживающие грохоты; 10 - брызгала; 11 - промывная вода; 12 - делитель; 13 - концентрат; 14 - порода; 15 - разбавленная суспензия; 16 - резервуар рабочей суспензии; 17 - циркуляционный насос для рабочей суспензии

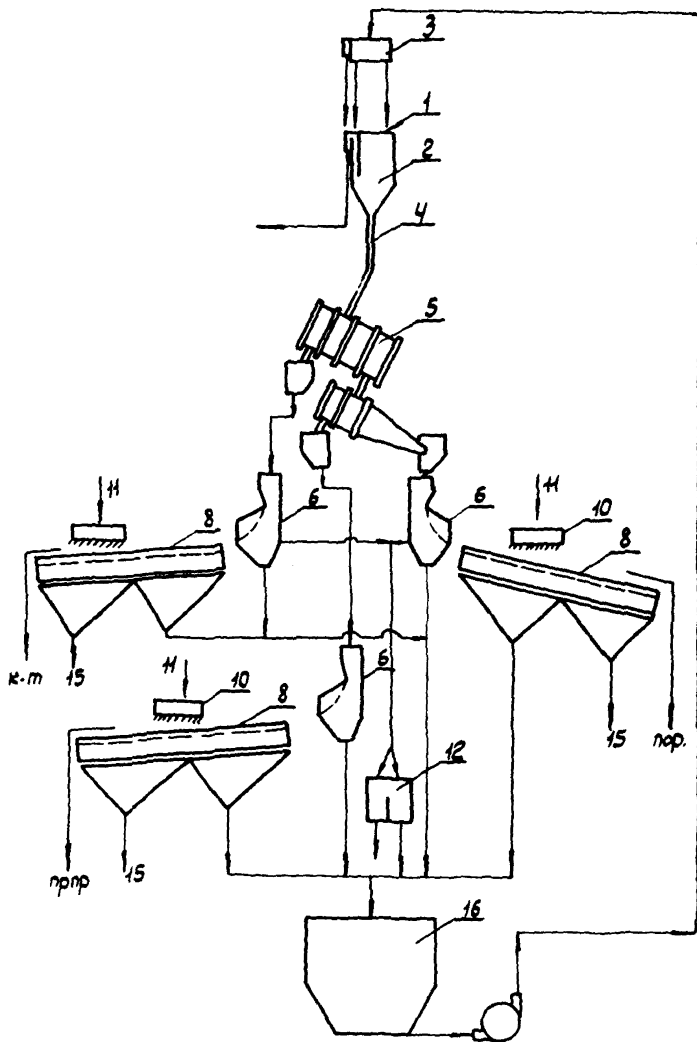


Рис. 8, б. Система циркуляции рабочей суспензии при обогащении в каскадном трехпродуктовом гидроциклоне (Спецификация на рис. 3, а) 17

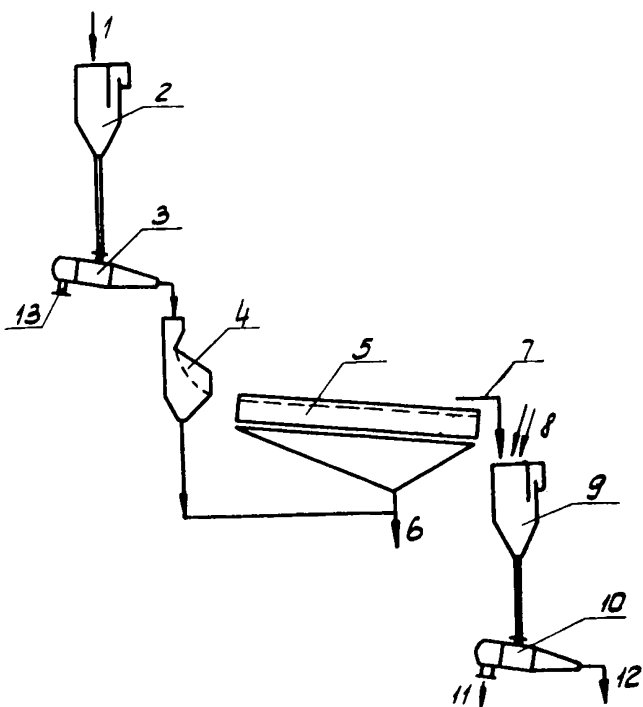


Рис.9. Самотечная передача перемиwочного продукта:

I - дешламированный уголь; 2,9 - смеситель;
 3,10 - циклоны; 4 - дугое сито; 5 - грохот для
 дренажа суспензии; 6 - суспензия низкой плотности
 в циркуляции; 7 - перемиwочный продукт; 8 - суспензия
 высокой плотности; II - промпродукт и суспензия;
 I2 - порода и суспензия; I3 - концентрат и суспензия

Если высота корпуса фабрики не позволяет осуществить самотечную подачу, перемывочный продукт необходимо поднимать на верхние отметки здания с помощью ковшового элеватора или углесоса. Элеваторная подача (рис.10) позволяет избежать чрезмерного шламообразования транспортируемого материала. При подъеме перемывочного продукта углесосом функции системы подачи и циркуляции совмещены (рис.11).

Перемывочный продукт самотеком поступает к резервуару рабочей суспензии высокой плотности и по трубе (П) диаметром 300-400 мм потоком суспензии перемещается ко всасу углесоса (I2). Нисходящий поток в кольцевом пространстве между трубой (II) и внутренней поверхностью резервуара (I0) препятствует всплыванию и накоплению промпродукта в резервуаре. Выдача перемывочного продукта углесосом позволяет исключить из схемы элеватор, однако это возможно только для крепких углей. При перекачке крупного материала шламообразование в углесосе может достигать 10% от количества транспортируемого материала.

Перемывочный продукт на грохотах, как правило, не ополаскивается, производится только отделение суспензии низкой плотности либо на дуговом сите и вибрационном грохоте (поз.1 на рис.10), либо на двух дуговых ситах, установленных последовательно (поз.5 и 6 на рис.11).

5. Система регенерации обеспечивает выполнение следующих операций:

1. Отмывки утяжелителя с поверхности продуктов обогащения на обезвоживающих грохотах;
2. Выделения утяжелителя из промывных вод;
3. Уплотнения очищенной суспензии;
4. Очистки части рабочей суспензии от угольного шлама и повышения ее плотности.

Схема регенерационной установки, приведенная на рис.12, наиболее проста и может быть применена на установках небольшой производительности.

Для гидроциклонных установок большой производительности на фабриках, где и крупные классы угля обогащаются в тяжелой суспензии, установка для регенерации обычно общая для всех секций и имеет более сложную схему.

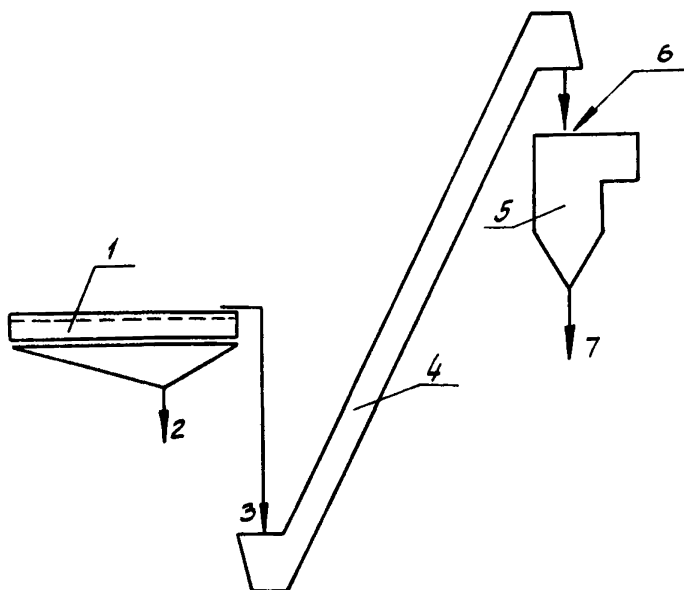


Рис.10. Система подачи перемывочного продукта ковшовым элеватором:
 1 - грохот для дренажа суспензии низкой плотности;
 2 - суспензия низкой плотности в рециркуляцию; 3 - перемывочный продукт; 4 - ковшовый элеватор; 5 - смеситель; 6 - суспензия высокой плотности ; 7 - к перемывочным циклонам

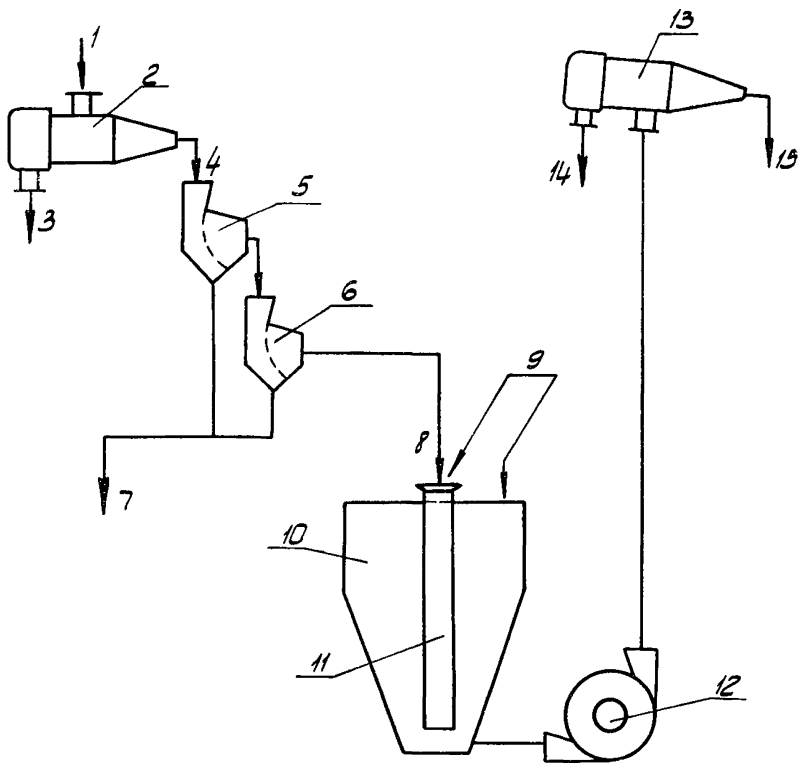


Рис.II. Система подачи перемывочного продукта углесосом:
 1-уголь и суспензия; 2- гидроциклон; 3 - концентрат и суспензия низкой плотности; 4 - перемывочный продукт и суспензия низкой плотности; 5,6 - дуговые сита; 7 - суспензия низкой плотности в циркуляцию; 8 - перемывочный продукт; 9 - суспензия высокой плотности; 10 - резервуар суспензии высокой плотности; 11 - труба для перемывочного продукта; 12 - циркуляционный насос суспензии высокой плотности; 13 - циклон; 14 - промпродукт и суспензия; 15 - порода и суспензия

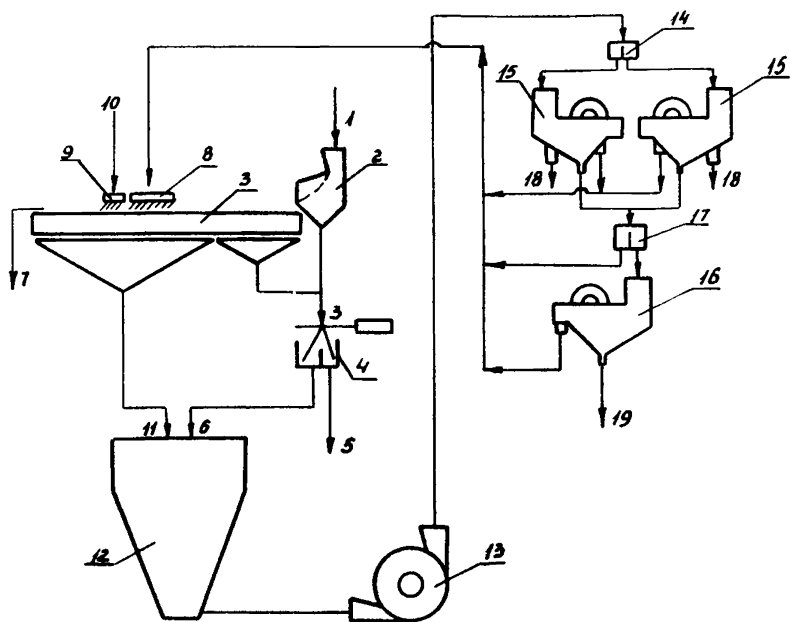


Рис.12. Схема регенерации:

1 - рабочая суспензия и продукты обогащения;
 2 - дуговое сито; 3 - обезвоживающий прохот;
 4 - делитель; 5 - рабочая суспензия в циркуляцию;
 6 - часть рабочей суспензии на регенерацию; 7 - обезвоженные продукты обогащения; 8,9 - брызгала; 10 - техническая вода; 11 - разбавленная суспензия; 12 - резервуар разбавленной суспензии; 13 - насос; 14 - делитель; 15 - магнитные сепараторы (основные); 16 - перфористый магнитный сепаратор; 17 - делитель; 18 - регенерированная суспензия; 19 - хвосты магнитного сепаратора на осветление

На рис.13 и 14 приведены две наиболее распространенные схемы.

Отличительной способностью первой является наличие сгустителя (8) для осаждения тонкого, сфлуккулированного намагничивающим аппаратом (7) магнетита, выделенного в слив гидроциклона-классификатора (4). Магнитной сепарации подвергается лишь крупнозернистый утяжелитель и количество магнитных сепараторов таким образом сокращается.

Сгуститель имеет относительно небольшой размер: для гидроциклонной установки производительностью 100 т/ч диаметром 7 м, а для установки на 200 т/ч - 9 м.

Однако при использовании брызгал ливневого типа и небольшом удельном расходе воды ополаскивание продуктов обогащения ($1-1,5 \text{ м}^3/\text{т}$) магнитные сепараторы способны пропустить весь объем разбавленной суспензии и необходимость в сгустителях отпадает.

В этом случае наиболее целесообразна современная схема регенерации (рис.14), где магнетит подвергается двойной магнитной сепарации, гидроциклон-классификатор разгружает перечистный магнитный сепаратор от избыточных количеств жидкости; слив гидроциклона, поступающий на брызгала, частично очищен и от угольного шлама; регенерированная суспензия аккумулируется в специальном резервуаре.

6. Система приготовления утяжелителя. При обогащении угля на установках с двухпродуктовыми гидроциклонами магнетит должен иметь более тонкий помол (до 90% крупностью менее 45 мк) по сравнению с магнетитом, выпускаемым горнообогатительными комбинатами. Это вызывает необходимость оборудования каждой гидроциклонной установки системой приготовления утяжелителя.

Система приготовления утяжелителя (рис.15) обычно состоит из зумпфа, циркуляционного насоса, гидроциклона-классификатора и шаровой мельницы небольшого размера.

Гидроциклон-классификатор работает в замкнутом цикле с шаровой мельницей, через которую рециркулирует крупнозернистый магнетит. Слив гидроциклона, представляющий готовый к употреблению утяжелитель, перекачивается в резервуар регенерационной установки; система периодически пополняется рядовым магнетитом.

В трехпродуктовых каскадных гидроциклонах используется крупнозернистый магнетит, не требующий дополнительного помола, и необходимость в измельченной установке отпадает.

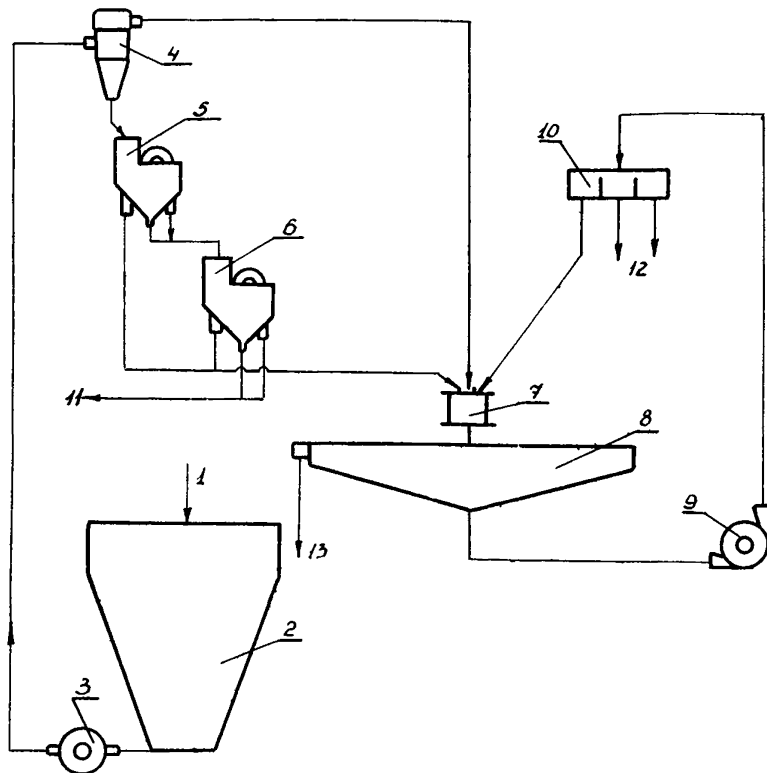


Рис.13. Схема регенерации:

1 - разбавленная суспензия; 2 - резервуар разбавленной суспензии; 3,9 - насосы; 4 - гидроциклоны-классификаторы; 5,6 - магнитные сепараторы; 7 - намагничивающий аппарат; 8 - радиальный или пирамидальный сгуститель; 10 - автоматический распределитель; 11 - хвосты сепараторов на осветление; 12 - регенерированная суспензия к резервуарам рабочей суспензии; 13 - перелив сгустителя к брызгалам обезвоживающих грохотов

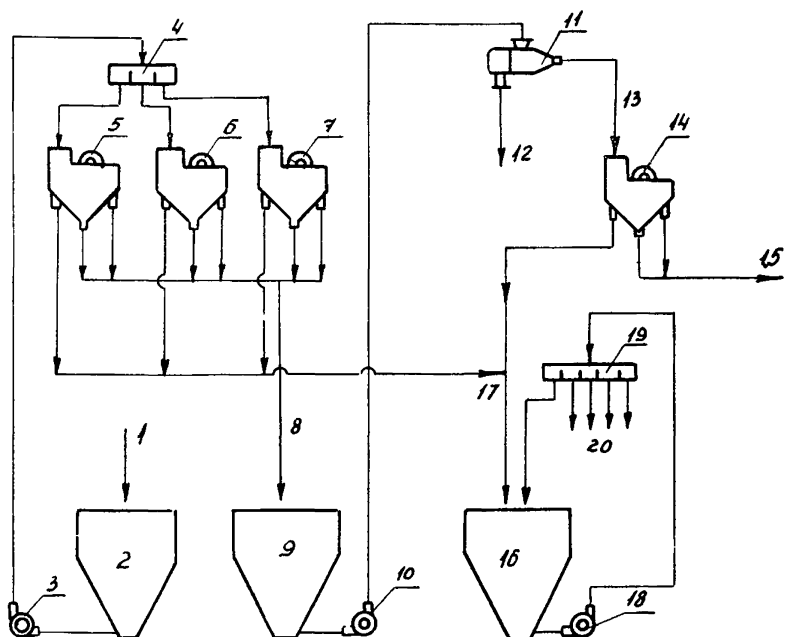


Рис.14. Схема регенерации:

1 - разбавленная суспензия; 2,9 - резервуар разбавленной суспензии; 3,10,18 - насосы; 4 - делитель; 5,6,7 - магнитные сепараторы (основные); 8 - слив и хвосты основных сепараторов на перечистку; 11 - гидроциклон -классификатор; 12 - слив гидроциклона к брызгалам грохотов; 13 - сгущенный продукт гидроциклона на перечистку; 14 - перечистной магнитный сепаратор; 15 - слив и хвосты перечистного сепаратора на осветление; 16 - резервуар регенерированной суспензии; 19 - автоматический распределитель; 20 - регенерированная суспензия к резервуарам рабочей суспензии

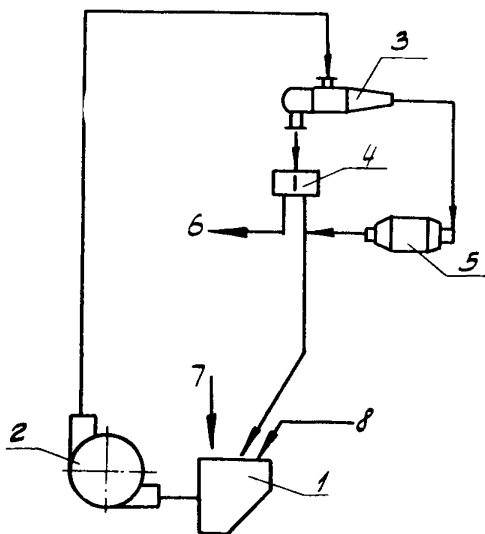


Рис.15. Система приготовления утяжелителя:
 1 - зумпф; 2 - насос; 3 - гидроциклон-классификатор; 4 - делитель; 5 - шаровая мельница;
 6 - готовый утяжелитель в систему регенерации;
 7 - техническая вода; 8 - рядовой магнетит

7. Система автоматического регулирования плотности рабочей суспензии и уровней жидкости в резервуарах использует датчики пьезометрического и манометрического типов, регуляторы различных типов, электрические и пневматические исполнительные механизмы для привода автоматических делителей. Аппаратурное оформление систем авторегулирования зависит от принятой схемы регулирования.

Регуляторы уровня суспензии в баках обычно применяются поплавкового, электродного или манометрического типа. Исполнительным механизмом являются задвижки с электроприводом.

IV. ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И НОРМАТИВЫ ДЛЯ ЕГО РАСЧЕТА

В помещаемых ниже разделах приведены основные технологические нормативы для расчета оборудования, применяемого в гидроциклонных установках, и рекомендации по выбору оборудования.

I. Оборудование для подачи угля

Ленточные и скребковые конвейеры, ковшовые элеваторы и углесосы, применяемые для подачи угля в схемах гидроциклонных установок, не являются специфическим оборудованием и рассчитываются обычным способом.

2. Оборудование для дешламации угля

а) Дуговые сита

Производительность дуговых сит по пульпе, сбрасываемой под решето, определяется по формуле:

$$Q = 200 F_0 v, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где F_0 — суммарная площадь отверстий поверхности сита, м^2 ;

v — скорость подачи жидкости, м/сек.

Общая площадь сита определяется выражением

$$F = \frac{2\pi R \psi B}{2\pi} = BR\psi,$$

где R - радиус сита, м;
 B - ширина сита, м;
 ψ - центральный угол, радианы.

Если ψ выражать в градусах, то

$$F = \frac{BR\psi}{57,3}.$$

Площадь живого сечения сита $F_0 = \kappa F$,
 где κ - коэффициент живого сечения сита.

$$\kappa = \frac{s}{s+t},$$

где s - ширина поперечной щели сита;
 t - ширина полки колосника.

Практика работы сит показывает, что при напорной подаче скорость потока пульпы составляет 3 м/сек, а при безнапорной подаче $v = 1,6 - 1,7$ м/сек.

Таким образом

$$Q = 200 \frac{BR\psi}{57,3} \cdot v \cdot \frac{s}{s+t}, \text{ м}^3/\text{с}$$

или

$$Q \approx 3,5 BR\psi v \frac{s}{s+t}, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Указанная формула применима для расчета дуговых сит с поперечным расположением щелей, образованных колосниками трапециевидного профиля с острыми гранями.

Соотношение $X : T$ в питании дуговых сит может быть принято равным 3-4 м³/т при подаче питания углесосом и 2-3 м³/т при раздельной подаче сухого угля и воды в смесительный желоб.

Таким образом производительность дугового сита по твердому составит

$$G = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} \right) Q, \text{ т/ч}.$$

Унос жидкости с надрешетным продуктом колеблется в пределах 1-0,4 м³/т. Меньшая относится к случаю, когда площадь сита обеспечивает сброс основного потока жидкости до разгрузочного конца.

К.п.д. сита по подрешетному продукту приближенно определяется выражением $\eta = \frac{Q_{\text{погр}}}{Q}$, где

Q - количество жидкости удаляемой под решетом ;
 $Q^{нар}$ - количество жидкости в питании дугового сита.

При подаче разбавленного питания и полном сбросе основного потока жидкости под решетом величина к.п.д. может достигать

$$\eta = 0,8 - 0,9.$$

Крупность граничного зерна классифицируемого материала для дуговых сит с поперечными щелями в два раза меньше ширины щелей.

Таким образом для дешламации по зерну 0,5 мм ширина щели должна быть принята $S' = 0,5 \cdot 2 = 1$ мм.

б) Дешламационные грохоты

Для окончательного обезвоживания дешламированного материала после дуговых сит обычно применяются вибрационные грохоты с инерционным ускорением не менее $4g$, обеспечивающие достаточно полное обезвоживание надрешетного продукта (внешняя влажность 12-15%).

Для снижения содержания класса - 0,5 мм в надрешетном продукте до 3-5 % над дешламационными грохотами рекомендуется усганавливать брызгала с удельным расходом осветленной воды на ополаскивание до $0,5 \text{ м}^3/\text{т}$.

Удельная производительность дешламационных грохотов до 30 т/ч на метр ширины сита при ширине щелей сита 0,5 мм и до 50 т/ч при ширине щелей 1 мм.

В проектах рекомендуется применять грохоты типа ГСЛ выпускаемые Луганским заводом им.Пархоменко.

в) Багер - зумпфы

При содержании шлама в циркуляционной воде не выше 100 - 120 г/л и отсутствии в рядовом угле глинистых,размокающих пород в схемах гидроциклонных установок могут применяться багер-зумпфы совмещающие функции систем подачи и дешламации угля.

Размеры элеватора определяются количеством дешламируемого угля, а площадь багер-зумпфа зависит от размера граничного зерна классификации.

При дешламации по крупности 0,5 мм допустима нагрузка 15-20 $\text{м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 площади, содержание класса + 0,5 мм в сливе не превышает 5-6%.

3. Гидроциклоны-сепараторы и оборудование системы циркуляции суспензии

а) Двухпродуктовые гидроциклоны-сепараторы

Гидроциклоны-сепараторы являются основными аппаратами как системы циркуляции суспензии, так и всей установки в целом.

На обогатительных фабриках применяются гидроциклоны-сепараторы диаметром 350, 500 и 600 мм.

Для создания центробежного поля достаточной интенсивности высота подачи суспензии в гидроциклон, установленный в наклонном положении, должна быть равной девяти диаметрам аппарата.

$$H = 9D, \text{ м.}$$

Производительность гидроциклона по пульпе ориентировочно может быть определена по формуле:

$$Q = K D^2 \sqrt{H}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где D - внутренний диаметр гидроциклона, дм.

H - высота подачи пульпы, м.

K - коэффициент производительности

$$K = 2,6 - 2,7.$$

Содержание угля в пульпе, поступающей в гидроциклон, колеблется в пределах 200-400 г/л (0,2-0,4 т/м³)*.

Таким образом производительность гидроциклонов по обогащаемому материалу будет колебаться в пределах

$$G = (0,2 + 0,4) Q \text{ т/ч.}$$

В таблице 2 приведены основные технологические параметры гидроциклонов-сепараторов различного диаметра.

* Большие цифры обычно принимаются для гидроциклонов обогащающих мелкий уголь, меньшие-при переобогащении промпродукта.

Таблица 2

D , мм	H_{min} , м	Q м ³ /ч	G_1
350	3,2	56-58	15-25
500	4,5	138-143	30-55
600	5,4	217-225	50-85
630	5,6	248-258	55-100

Данные показывают, что производительность гидроциклонов диаметром 350 мм невелика, в связи с чем гидроциклоны этого типоразмера не получили широкого распространения.

К применению в проектах рекомендуются гидроциклоны-сепараторы диаметром 500 и 630 мм конструкции института УкрНИИУглеобогатение, техническая характеристика которых приведена в таблице 3.

Таблица 3

Показатели	Циклон	Циклон
	\varnothing 500 мм	\varnothing 630 мм
I	2	3
Внутренний диаметр гидроциклона, мм	500	630
Угол конусности, град.	20	20
Размеры питающего отверстия, мм:		
высота	100	150
ширина	80	80
Диаметр сливной насадки, мм	215	260
Диаметр нижней насадки, мм	150, 180	180
Диаметр выпускного патрубка камеры слива, мм	200	200
Высота цилиндрической части гидроциклона, мм	500	600
Глубина погружения сливной насадки, мм	370	440
Угол установки гидроциклона к горизонтальной плоскости, град.	15	15
Геометрическая высота подачи питания, м	4,5	5,7

1	:	2	:	3
Производительность гидроциклона по пульпе, м ³ /ч		140		240
Производительность по углю, т/ч		50		85
Максимальная крупность обогащаемого материала, мм		25		25

б) Трехпродуктовый каскадный гидроциклон-сепаратор

В отличие от двухстадийной сепарации мелкого угля в цилиндрикоконическом гидроциклоне получение трех продуктов в каскадном гидроциклоне не требует двух аппаратов и двух систем циркуляции суспензии. Операции разделения угольных зерен по плотности и уплотнения суспензии совмещены в один процесс осуществимый в самом гидроциклоне. Для этого использовано естественное свойство гидроциклона стучать суспензию. При обогащении мелкого угля в суспензии тяжелые фракции удаляются в потоке стученной суспензии, а легкие - в потоке разжиженной суспензии.

В первой ступени каскадного гидроциклона (рис.1б) уголь разделяется на два продукта в исходной суспензии. Во вторую ступень поступает микст тяжелых фракций вместе со стученной суспензией, являющейся для этой ступени новой разделительной средой повышенной плотности.

Регулировка плотности разделения во второй ступени гидроциклона сводится к регулировке степени стучения суспензии и выполняется при помощи изменения конструктивных параметров гидроциклона, как это делается в обычных гидроциклонах-стучителях.

Промышленный образец каскадного трехпродуктового гидроциклона сконструирован отделом новых машин УкрНИИУглеобогащение по техническому заданию институтов ИГи и УкрНИИУглеобогащение, разработавших основные конструктивные параметры этого аппарата.

Гидроциклон установлен на поддерживающей конструкции, придающей ему положение с углом наклона в 30°.

Для регулировки процесса разделения и объемной производительности все патрубки гидроциклона имеют переменную площадь сечения (см.табл.4).

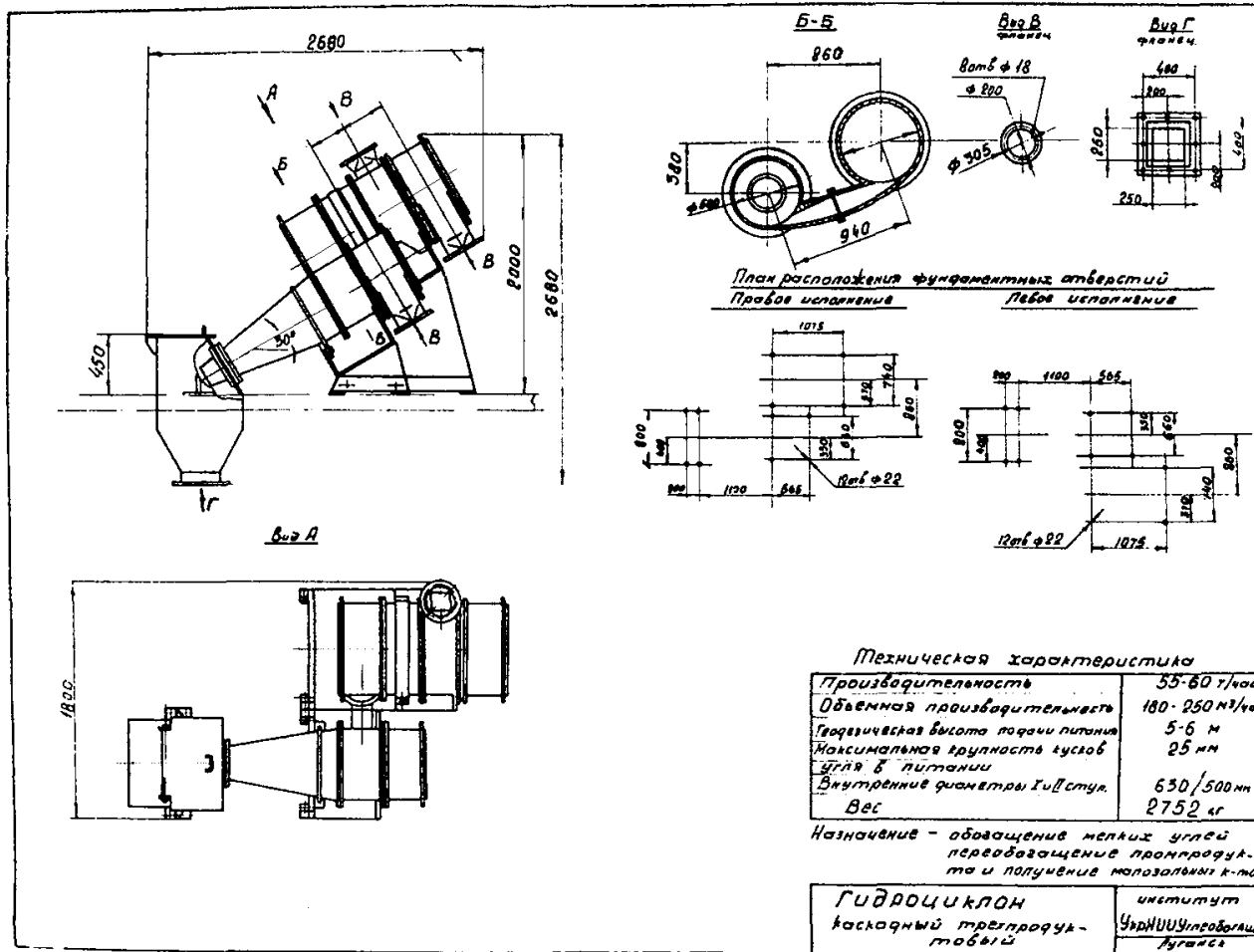


Рис.16. Гидроциклон каскадный трехпродуктовый

Для этого гидроциклон снабжен комплектом съемных насадок и сливных патрубков, а входной и переходной патрубки имеют съемные клиновые вкладыши.

Техническая характеристика каскадного трехпродуктового гидроциклона

Показатели	:	
	I ступень	II ступень
Внутренний диаметр, мм	630	500
Угол конусности, град.	-	20
Эквивалентный диаметр входного патрубка, мм	100-150	90-110
Диаметр сливного патрубка, мм	160-260	130-220
Диаметр нижней насадки, мм	-	80-160
Диаметр выпускаемого патрубка камеры слива, мм	200	200
Высота цилиндрической части, мм	120	900
Глубина погружения сливного патрубка, мм	370-440	370-440
Геометрическая высота подачи, питания, м	6	-
Напор питания, м.в.с.	9	7
Производительность по пульпе, м ³ /ч	180-260	120-160
Производительность по углю, т/ч	55-60	40-45
Максимальная крупность обогащаемого материала, мм	25	25

Таблица 4

Насадка каскадного трехпродуктового гидроциклона

Входной патрубок	Переходной патрубок	Сливные патрубки, диаметр, мм				Нижняя насадка, диаметр, мм	
		I ступень		II ступень			
100	90	160	240	130	180	80	120
125	100	180	250	140	200	90	140
150	110	200	260	150	220	100	160
		220		160		110	

в) Смесители

Гидроциклоны-сепараторы диаметром 500 и 630 мм комплектуются стандартным смесителем конструкции института Гипромаш-углеобогащение.

При подаче суспензии из одного смесителя в два гидроциклона-сепаратора необходимо применять смеситель с площадью горизонтального сечения в 2 раза большей, чем у стандартного.

г) Дуговые сита

Порядок расчета дуговых сит для дренажа рабочей суспензии описан выше.

Если при расчете ширина сита получится меньше, чем ширина следующего за ним грохота, рекомендуется принимать ее равной ширине грохота. Это обеспечит более полное отделение рабочей суспензии от продуктов обогащения и равномерное распределение материала по ширине грохота.

При последовательном расположении двух дуговых сит для отделения рабочей суспензии в схеме подачи перемывочного продукта (см.рис.11) удельная нагрузка по дренированной суспензии достигает 45-50 м³/ч на 1 м ширины сита.

Для гидроциклона-сепаратора диаметром 500 мм обычно устанавливаются последовательно два сита шириной 600 мм.

д) Грохоты для дренажа рабочей суспензии и отмывки продуктов обогащения

Производительность грохотов зависит от крупности обрабатываемого материала. В табл.5 приведены рекомендуемые удельные нагрузки.

Таблица 5

Класс, мм	: 0,5-6	: 0,5-8	: 0,5-10	: 0,5-13	: 0,5-15	: 6-25
Нагрузка на 1 м ширины грохота, т/ч	20-22,5	21-24	22-25	24-27	26-28	35-40

Ниже приводится рекомендуемый расход воды на отмывку утяжелителя при использовании брызгал каскадного типа, расположенных в 2-3 ряда.

Крупность угля, мм	Расход воды на ополаскивание м ³ /т
0,5-20	1,7
0,5-15	2,0
0,5-10	2,5
0,5-6	3,0

При использовании брызгал ливневого типа расход воды может быть уменьшен до 1,5 - 1,0 м³/т.

Для дренажа суспензии рекомендуется использовать первые 1,5 м длины грохота; на остальном участке разместить брызгала и 1,5 - 2 м оставить свободными для окончательного обезвоживания

В проектах рекомендуется применять грохоты типа ГСЛ, выпускаемые Луганским заводом им.Пархоменко.

е) Резервуары рабочей суспензии

В схемах гидроциклонных установок могут быть использованы стандартные резервуары СБ-15 и СБН-15, емкостью 15 м³, серийно выпускаемые луганским заводом им.Пархоменко.

4. Оборудование для регенерации суспензии

а) Магнитные сепараторы

В схемах гидроциклонных установок рекомендуется применять магнитные сепараторы типа ЭБМ-1/2, серийно выпускаемые заводом им.Пархоменко.

Техническая характеристика сепаратора ЭБМ 1/2

Максимальная производительность по суспензии, м ³ /ч	180
Максимальная производительность по магнетиту, т/ч	35
Ширина питающего лотка, мм	1200
Диаметр магнитного барабана, мм	600

Ислю оборотов барабана, оо/мин	5
Напряженность магнитного поля на поверхности барабана, эрстед	1400
Мощность, потребляемая магнитной системой, квт . . .	До 5
Мощность электродвигателя привода сепаратора, квт	1,7
Габаритные размеры, мм	2200x2100x1800
Вес сепаратора, кг	3250

При постоянной нагрузке по пульпе работа магнитных сепараторов существенно зависит от содержания шлама в питании.

Плотность магнитного концентрата основного сепаратора снижается с 2,3 г/см³ при содержании шлама 100 г/л до 2,1 г/см³ при 270 г/л. Плотность магнитного концентрата перечистного магнитного сепаратора 1,8-1,9 г/см³. Содержание шлама в магнитном концентрате в 1,2 - 1,5 раза превышает содержание шлама в питании сепараторов.

Извлечение магнетита в магнитный концентрат показано в табл.6.

Таблица 6

Извлечение магнетита в магнитный концентрат

Содержание шлама в питании: сепаратора, г/л	Извлечение магнетита в концентрат, %	
	Основного сепаратора	Основного и перечистного сепараторов суммарно
90	—	98
100	96	—
130	90	—
170	80	95
210	70	90
240	60	—
270	50	80

б) Гидроциклон-классификатор

В качестве гидроциклон-классификатора рекомендуется ступенчатый гидроциклон диаметром 350 мм, разработанный институтом УкрНИИУглеобогачение и выпускаемый экспериментальной базой института.

Техническая характеристика гидроциклона

Диаметр гидроциклона, мм	350
Диаметр питающего отверстия, мм	88
Диаметр сливной насадки, мм	90-110
Диаметр нижней насадки, мм.	50-75
Угол конусности, град	20
Общая длина гидроциклона, мм	1714-1741
Вес гидроциклона, кг	255
Производительность по пульпе при напоре 1,5 атм, м ³ /ч	80-90

У. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕЙ СУСПЕНЗИИ И ТРЕБОВАНИЯ К УТЯЖЕЛИТЕЛЮ

Плотность суспензии можно определить по формуле:

$$\Delta = \nu_m \delta_m + \nu_s \delta_s + 1 - (\nu_m + \nu_s), \text{ м/м}^3,$$
где ν_m и ν_s - объемная концентрация соответственно магнетита и шлама, выраженная в долях единицы,

δ_m и δ_s - плотность магнетита и шлама, т/м³,

m и s - содержание магнетита и шлама в суспензии, т/м³

$m + s = t, \text{ м/м}^3,$

t - содержание твердого в суспензии .

В общем случае $\Delta = \nu_t \delta_t + 1 - \nu_t,$
откуда
$$\nu_t = \frac{\Delta - 1}{\delta_t - 1} \text{ и } t = \nu_t \delta_t .$$

Таким образом, зная плотность магнетита (δ_m) и шлама (δ_s), для суспензии любой плотности (Δ) можно рассчитать содержание магнетита и шлама, объемную концентрацию твердой фазы.

Содержание шлама в рабочей суспензии может быть принято до 200–250 г/л ($S = 0,2-0,25 \text{ т/м}^3$), поскольку обогащение в гидроциклонах происходит успешно при объемной концентрации твердой фазы до $\nu = 0,4$ и вязкости суспензии, превышающей 40 сантипуаз.

Плотность рядового магнетита может колебаться в пределах $\delta_m = 4,6 - 4,2 \text{ т/м}^3$, содержание магнитной фракции не менее 90%.

Магнитная проницаемость должна быть не менее 0,7.

Ниже приводится гранулометрический состав магнетита

Крупность, мк	Выход, %
+ 50	2
50 - 30	12
30 - 12	43
12 - 5	26
- 5	17
Итого	100

У1. РАСЧЕТ СИСТЕМ ЦИРКУЛЯЦИИ РАБОЧЕЙ И РАЗБАВЛЕННОЙ СУСПЕНЗИИ

В процессе работы система циркуляции рабочей суспензии разбавляется водой, поступающей с дешламированным углем, количество которой можно определить по формуле:

$$Q_{вн} = \bar{W} G, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где \bar{W} - отношение Ж : Т, м³/т,

G - производительность по углю, т/час,

$$\bar{W} = \frac{W}{100-W},$$

W - внешняя влага, %.

Например при $W = 15\%$ и производительности установки

100 т/ч поступление влаги будет составлять

$$Q_{вн} = \frac{15}{100-15} \cdot 100 = 17,7 \text{ м}^3/\text{ч},$$

Для поддержания плотности суспензии на постоянном уровне часть суспензии выводится в систему регенерации и возвращается оттуда в виде магнитного концентрата высокой плотности.

Авторегулятор доохлаждает воду в количествах, необходимых для поддержания плотности суспензии.

Поскольку магнетит из системы регенерации возвращается практически полностью и плотность суспензии не меняется, остается постоянным и объем суспензии, находящейся в циркуляции.

Таким образом, баланс суспензии по объему выглядит так:

$$WG + Q_{тк} + Q_{рег} = Q_y + Q_p$$

В правой части равенства Q_y , м³/ч - объем суспензии, уносимой на поверхности продуктов обогащения.

Q_p - количество суспензии дополнительно отводимой в систему регенерации.

В левой части равенства просуммированы потоки, поступающие в систему циркуляции рабочей суспензии.

$Q_{тк}$ - количество магнитного концентрата (регенерированной суспензии),

$Q_{рег}$ - количество воды поступающей из регулятора плотности суспензии.

Баланс по весу выглядит следующим образом:

$$WG + Q_{тк} \Delta_{тк} + Q_{рег} = (Q_y + Q_p) \Delta_0, \quad (1)$$

где Δ_0 - плотность рабочей суспензии, т/м³.

Баланс по магнетиту

$$Q_{тк} M_{тк} = (Q_y + Q_p) M_0, \quad (2)$$

где m_{mk}, m_o - содержание магнетита в магнитном концентрате и рабочей суспензии.

$$\text{Из (2) имеем } Q_{mk} = (Q_y + Q_p) \frac{m_o}{m_{mk}}. \quad (3)$$

Подставляя выражение (3) в (1), определяем количество суспензии, поступающей в систему регенерации:

$$Q_y + Q_p = \frac{GW + Q_{рег}}{\Delta o - \Delta_{mk}} \frac{m_o}{m_{mk}} \quad (4)$$

или

$$Q_y + Q_p \cong \frac{GW + Q_{рег}}{\Delta o - \Delta_{mk}} \frac{\Delta o - 1}{\Delta_{mk} - 1}. \quad (5)$$

Нагрузка на магнитные сепараторы по магнетиту составит:

$$M = (Q_y + Q_p) m_o, \text{ т/ч.}$$

Нагрузка на сепараторы по разбавленной суспензии

$$Q \cong Q_y + Q_p + Q_{\delta p}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $Q_{\delta p}$ - количество воды, подаваемой на брызгала

$$Q_{\delta p} = (1 \div 3) G, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Унос суспензии с продуктами обогащения примерно может быть подсчитан по выражению:

$$Q_y \cong (0,15 \div 0,20) G, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$Q_{рег}$ может быть принято в размере 2 - 3 м³/ч

Расчет количества суспензии, отводимой на регенерацию, из условия баланса по плотности следует дополнять расчетом баланса шлама.

Количество шлама, поступающее в рабочую суспензию с магнитным концентратом (S_{mk}), обогащаемым углем (S_1) и образующимся в процессе обогащения за счет дешламации (S_2), должно компенсироваться выводом шлама в систему регенерации.

Баланс по шламу будет выглядеть следующим образом:

$$S_1 + S_2 + Q_{mk} S_{mk} = S_o, \quad (6)$$

где: $S_1 = K_1 G, \text{ т/ч};$

K_1 - содержание шлама в дешламированном угле, %, обычно 3 - 5% ;

G - производительность по обогащаемому материалу, т/ч;

$$S_2 = K_2 G, \text{ м/г.}$$

$K_2 = 0,01 - 0,02$ при самотечной подаче материала и

$K_2 = 0,03 - 0,04$ при насосном питании гидроциклонов-сепараторов.

S_{mk} - содержание шлама в магнитном концентрате, т/м^3 ,
обычно в 1,2 - 1,5 раз превышает содержание шлама в пита-
нии регенерации.

S_0 - содержание шлама в рабочей суспензии. В расчете
можно принять равным 0,2 - 0,25 т/м^3 .

Поскольку $Q_{mk} = (Q_y + Q_p) \frac{\Delta \rho - 1}{\Delta \rho - 1}$

из выражения (6) окончательно получим:

$$Q_y + Q_p = \frac{S_1 + S_2}{S_0 - S_{mk} \frac{\Delta \rho - 1}{\Delta \rho - 1}}, \text{ м}^3/\text{г.}$$

Расчет системы разбавленной суспензии сводится к опреде-
лению количества хвостов магнитных сепараторов (Q_c), которое
необходимо вывести в водно-шламовую систему фабрики, для под-
держания на определенном уровне содержания шлама в разбавлен-
ной суспензии (S_{pc}).

Баланс по шламу будет выглядеть следующим образом:

$$S_1 + S_2 = Q_c \cdot S_{pc}; \quad Q_c = \frac{S_1 + S_2}{S_{pc}}.$$

Величина S_{pc} может находиться в пределах

$$100 - 200 \text{ г/л } (0,1 - 0,2 \text{ т/м}^3).$$

УП. РАСЧЕТ ОЖИДАЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБОГАЩЕНИЯ

При расчете ожидаемых результатов обогащения в гидроцик-
лонах с магнетитовой суспензией можно использовать аналити-
ческий метод, подробно изложенный в книге Л.Б.МУШЛОВИНА
"Определение и оценка результатов на углеобогащительных ма-
шинах".

Согласно этому методу извлечение (E) узкой по плотности
фракции в тяжелый продукт зависит от величины

$$X = \frac{d_i - d}{E \rho},$$

где X - нормированное отклонение плотности данной фракции от плотности разделения;

E_p - вероятное отклонение.

d_l - плотность фракции;

d - плотность разделения

Для обогащения угля крупностью 0,5-13 мм в двухпродуктовых гидроциклонах, по данным фирмы Стамикарбон, величина E_p определяется:

d	1,40	1,45	1,50	1,55
E_p	0,034	0,036	0,38	0,040

Величина E_p в трехпродуктовых гидроциклонах по данным промышленных испытаний в диапазоне 1,45-1,60 составляет 0,05 и в диапазоне 1,95-2,20 - 0,07.

Расчет извлечения может быть произведен с помощью таблиц зависимости. В табл. 7, 8 и 9 эта зависимость приведена для двухпродуктовых гидроциклонов (по данным фирмы Стамикарбон) и для трехпродуктовых гидроциклонов (по данным промышленных испытаний). Для технико-экономического сопоставления с отсадочной в таблицах IО и II приведена зависимость ϵ от X для современных зарубежных (данные фирмы Стамикарбон) и отечественных (данные УкрНИИУглеобогащения) отсадочных машин.

Для современных отсадочных машин (тип машин фирмы ПМК) фирма Стамикарбон рекомендует значение E_p определять по формуле

$$E_p = 0,107d (d - 1).$$

Таблица 7

Величина извлечения фракции в зависимости от X при обогащении в двухпродуктовых гидроциклонах

X	:	E	:	X	:	E
I	:	2	:	3	:	4
- 9		0,0000		3,5		0,966
- 8		0,0035		4		0,973
- 7		0,0050		4,5		0,979
- 6		0,0085		5		0,981
- 5		0,0125		6		0,984
- 4		0,0185		7		0,987
- 3,5		0,021		8		0,990
- 3		0,028		9		0,992
- 2,5		0,042		10		0,995
- 2		0,070		II		0,998
- 1,5		0,132		12		1,000
- 1		0,250				
- 0,5		0,375				
0		0,500				
+0,5		0,675				
I		0,750				
I,5		0,850				
2		0,918				
2,5		0,947				
3		0,958				

Таблица 8

Величина извлечения фракций в зависимости от d_i-d при обогащении в каскадном трехпродуктовом гидроциклоне

I стадия разделения

$d_i-d, \text{ кг/м}^3$	$E, \%$	$d_i-d, \text{ кг/м}^3$	$E, \%$	$d_i-d, \text{ кг/м}^3$	$E, \%$
				0	50,00
		-260	0,43	10	55,67
0	50,00	-270	0,31	20	60,78
-10	44,16	-280	0,23	30	65,40
-20	38,98	-290	0,16	40	69,61
-30	34,37	-300	0,11	50	73,48
-40	30,26	-310	0,08	60	77,04
-50	26,58	-320	0,05	70	80,30
-60	23,29	-330	0,04	80	83,29
-70	20,34	-340	0,02	90	86,00
-80	17,71	-350	0,01	100	88,44
-90	15,34			110	90,59
-100	13,24			120	92,48
110	11,35			130	94,10
-120	9,69			140	95,46
-130	8,21			150	96,59
-140	6,92			160	97,49
-150	5,78			170	98,20
-160	4,75			180	98,75
-170	3,94			190	99,15
-180	3,21			200	99,44
-190	2,59			210	99,64
-200	2,07			220	99,78
-210	1,64			230	99,87
-220	1,28				
-230	0,99				
-240	0,76				
-250	0,57				

Таблица 9

Величина извлечения фракций в зависимости от d_i-d при обогащении в каскадном трехпродуктовом гидроциклоне

II стадия разделения

d_i-d кг/м ³	$E_i, \%$	d_i-d кг/м ³	$E_i, \%$	d_i-d кг/м ³	$E_i, \%$	d_i-d кг/м ³	$E_i, \%$
0	50,00	-280	3,16	0	50,00	270	95,99
-10	45,29	-290	2,86	10	54,22	280	95,83
-20	41,03	-300	2,59	20	58,08	290	96,18
-30	37,17	-310	2,35	30	61,62	300	96,51
-40	33,67	-320	2,13	40	64,86	310	96,81
-50	30,50	-330	1,93	50	67,83	320	97,09
-60	27,63	-340	1,75	60	70,55	330	97,34
-70	25,04	-350	1,59	70	73,04	340	97,57
-80	22,68	-360	1,44	80	75,32	350	97,78
-90	20,55	-370	1,31	90	77,40	360	97,97
-100	18,62	-380	1,18	100	79,32	370	98,15
-110	16,86	-390	1,07	110	81,08	380	98,31
-120	15,28	-400	0,97	120	82,68	390	98,46
-130	13,84	-410	0,88	130	84,14	400	98,55
-140	12,54	-420	0,80	140	85,52	410	98,71
-150	11,36	-430	0,72	150	86,71	420	98,82
-160	10,30	-440	0,66	160	87,16	430	98,93
-170	9,33	-450	0,60	170	88,87	440	99,02
-180	8,45	-460	0,54	180	89,18		
-190	7,77	-470	0,49	190	90,68		
-200	6,94	-480	0,45	200	91,48		
-210	6,29	-490	0,40	210	92,20		
-220	5,70	-500	0,37	220	92,87		
-230	5,16	-510	0,33	230	93,47		
-240	4,68	-520	0,30	240	94,03		
-250	4,24	-530	0,27	250	94,54		
-260	3,84	-540	0,25	260	95,01		
-270	3,48	-550	0,23				

Таблица IО

Величина извлечения фракций в зависимости от X при обогащении в современных зарубежных отсадочных машинах

X	:	E	:	X	:	E
				+ 0,5		0,60I
				1,0		0,704
				1,5		0,779
				2,0		0,8I3
				2,5		0,859
- 2,8		0,000		3,0		0,877
- 2,5		0,005		3,5		0,883
- 2		0,027		4,0		0,900
- 1,5		0,070		4,5		0,9I4
				5,0		0,927
- 1,0		0,188		5,5		0,94I
- 0,5		0,345		6,0		0,955
0		0,500		6,5		0,966
				7,0		0,978
				7,5		0,988
				8,0		I,000

Таблица II

Величина извлечения фракций в зависимости от X для отечественных отсадочных машин

X	E	X	E
- 6,0	0,000I	1,5	0,8232
-5,5	0,0008	2,0	0,8750
- 5,0	0,00I2	2,5	0,9II6
- 4,5	0,0033	3,0	0,9375
- 4,0	0,0083	3,5	0,9558
- 3,5	0,0I8I	4,0	0,9687
-3,0	0,0357	4,5	0,9779
- 2,5	0,0639	5,0	0,9844
- 2,0	0,1059	5,5	0,9890
- 1,5	0,1648	6,0	0,9922
- 1,0	0,2448	6,5	0,9945
- 0,5	0,3526	7,0	0,996I
0,0	0,5000	7,5	0,9972
0,5	0,6464	8,0	0,9980
1,0	0,7500		

УШ. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОЦИКЛОНОВ С ТЯЖЕЛОЙ СУСПЕНЗИЕЙ

При определении экономической целесообразности применения гидроциклонов необходимо сопоставить между собой по капитальным и эксплуатационным расходам, а также стоимости реализованной продукции варианты, предусматривающие применение гидроциклонов и отсадочных машин.

Задавшись фиксированной зольностью продукции (концентрата и промпродукта), необходимо методом последовательных приближений и интерполирования определить плотность разделения в первой и второй стадиях разделения, выхода и стоимости продуктов обогащения.

Применение гидроциклонов будет целесообразным в том случае, если дополнительная реализация, связанная с увеличением выхода концентрата, будет компенсировать повышенные затраты на обогащение.

Согласно подсчетам фирмы Ведаг капитальные затраты на сооружение гидроциклонной установки для обогащения мелкого угля составляют лишь 87% от затрат на установку равной производительности, оснащенную отсадочными машинами.

По расчетам института УкрНИИУглеобогащение капитальные затраты при сооружении двухпродуктовой гидроциклонной установки производительностью 200 т/ч составляет 20,2 коп/т против 19,2 коп/т капзатрат на обогащение мелкой отсадкой и обезвоживание в среднем по пяти ОФ УССР.

Однако эксплуатационные затраты на обогащение в гидроциклонах превышают затраты на отсадку.

В таблице 12 приведены данные сравнительных затрат по переработке промпродукта отсадки различными методами.

В таблице 13 приведены сравнительные данные по затратам на обогащение мелкого угля в гидроциклонах и отсадкой.

данные табл.12 и 13 свидетельствуют о том, что эксплуатационные затраты при обогащении даже на современных гидроциклонных установках, разделяющих уголь на два продукта (16 коп/т), примерно в 1,5 раза больше затрат на обогащение отсадкой.

Таблица 12

Наименование процессов	Эксплуатационные расходы, коп/т*
Гидроциклонная установка с разделением на 3 продукта при шахте "Виктория-Люнен" ФРГ, 1954 г.	49,7
Гидроциклонная установка с разделением на 3 продукта (расчет фирмы "Ведаг" ФРГ, 1957 г.)	44,5
Гидроциклонная установка с разделением на 2 продукта (расчет фирмы "Ведаг", ФРГ, 1957 г.)	29,5
Контрольная отсадочная машина (расчет фирмы "Ведаг", ФРГ, 1957 г.)	23,9
Контрольные отсадочные машины (средние данные по пяти ОФ УССР).	40,2

* Марки ФРГ переведены в рубли по курсу 1 марка ФРГ = 0,2259 руб.

Таблица 13

Наименование процессов	Эксплуатационные расходы, коп/т*
Отсадочная машина мелкого зерна, ФРГ 1953 г.	11,1
Отсадочная машина мелкого зерна, ФРГ 1953 г.	12,0
Отсадочная машина мелкого зерна, Голландия, 1963 г.	11,5
Отсадочные машины мелкого зерна (средний показатель по пяти ОФ УССР, 1963 г.)	9,6
Отсадочные машины мелкого зерна, ОФ Днепро-дзержинского КХЗ, 1963 г.	6,3

Гидроциклонная установка с разделением на два продукта, ФРГ, 1953 г.	21,2 (16,8) **
Гидроциклонная установка с разделением на два продукта, ФРГ, 1953 г.	17,2 (12,7) **
Гидроциклонная установка с разделением на два продукта, Голландия, 1963 г.	16,7 (15,8) **
Гидроциклонная установка производительностью 200 т/час с разделением на два продукта (расчет института УкрНИИУглеобогачение, 1965 г.)	15,8

* Голландские гульден переведены в рубли по курсу
1 гульден = 0,25 руб.

** Эти цифры соответствуют затратам в том случае, если стоимость магнетита принять в ценах СССР (4,20 руб. за 1 т для ОФ Донбасса). Стоимость магнетита в Голландии 70 гульденов = 17,5 руб. за 1 т.

Именно этот факт пока что является основным ограничением, сдерживающим распространение гидроциклонов и сужающим область их применения.

Однако решающее значение имеет достигаемая в гидроциклонах высокая точность разделения.

При разделении по плотности 1,5 величина вероятного отклонения для гидроциклонов составляет $E_p = 0,030$; для современных отсадочных машин $E_p = 0,080$. При плотности разделения 1,9 вероятные отклонения составят соответственно 0,040 и 0,180.

Следствием большой точности разделения является меньшее взаимозасорение продуктов обогащения. Это позволяет вести процесс в гидроциклонах по большей плотности разделения и получить больший выход товарной продукции. Сравнительно с методом, характеризующимся меньшей точностью разделения, это дает дополнительную прибыль.

При обогащении углей легкой категории обогатимости разница выходов незначительна, при обогащении тяжелообогатимых углей

увеличение выхода и стоимости концентрата полностью компенсируют повышенные затраты на обогащение и дают дополнительную прибыль.

Так, по расчету института Гипрошахт для индийской ОФ "Катхара" баланс продуктов обогащения выглядит следующим образом (табл.14):

Таблица 14

Уголь верхней пачки			Уголь нижней пачки		
	: Гидро- : циклоны	: Отсадка : $\eta = 0,16$: Гидро- : циклоны	: Отсадка : $\eta = 0,16$
Плотность разделения	1,50	1,47	Уд.вес раз- деления	1,45	1,416
Выход к-та, %	43,6	37,5	Выход, к-та	43,0	33,5
A ⁰ , к-та	15,0	15,0	A ^c , к-та	15,0	15,0

При исследовании японских углей фирмой Стамикарбон установлено, что применение гидроциклонов дает выход больший на 2,05% по сравнению с современными отсадочными машинами.

По расчету института УкрНИИУглеобогащение для шихты Максимовской ЦОФ ожидаемый фактический баланс продуктов обогащения выглядит так (табл.15):

Таблица 15

	Отсадка $\eta = 0,25$	Отсадка $\eta = 0,16$	Гидро- циклоны
I плотность разделения..	1,50	1,555	1,565
II плотность разделения..	2,30	2,00	1,89
Выход к-та, %	59,63	65,55	67,68
Выход п/п, %	25,85	14,95	9,93
Зольность к-та, %	8,0	8,0	8,0
Зольность п/п, %	40,0	40,0	40,0
Зольность исходного, % . .	26,58	26,58	26,58

Экономические результаты для трех вариантов (руб/т исходного) даны в табл.16.

Таблица 16

Показатель	П р о ц е с с ы		
	Отсадка $J=0,25$	Отсадка $J=0,16$	Гидро- циклоны
Стоимость концентрата	8,93	9,81	10,13
Стоимость промпродукта	0,88	0,51	0,34
Итого стоимость реализованной продукции	9,81	10,32	10,47
Стоимость переработки	0,10	0,10	0,16
Стоимость исходного угля	8,26	8,26	8,26
Прибыль	1,45	1,96	2,05
Дополнительная прибыль варианта гидроциклонов по отношению к сравниваемому	+0,60	+0,09	—

Из приведенных таблиц видно, что даже сравнительно с современными отсадочными машинами для данной шихты гидроциклоны дают выход концентрата на 2,13% больший и дополнительную прибыль в размере 9 коп/т.

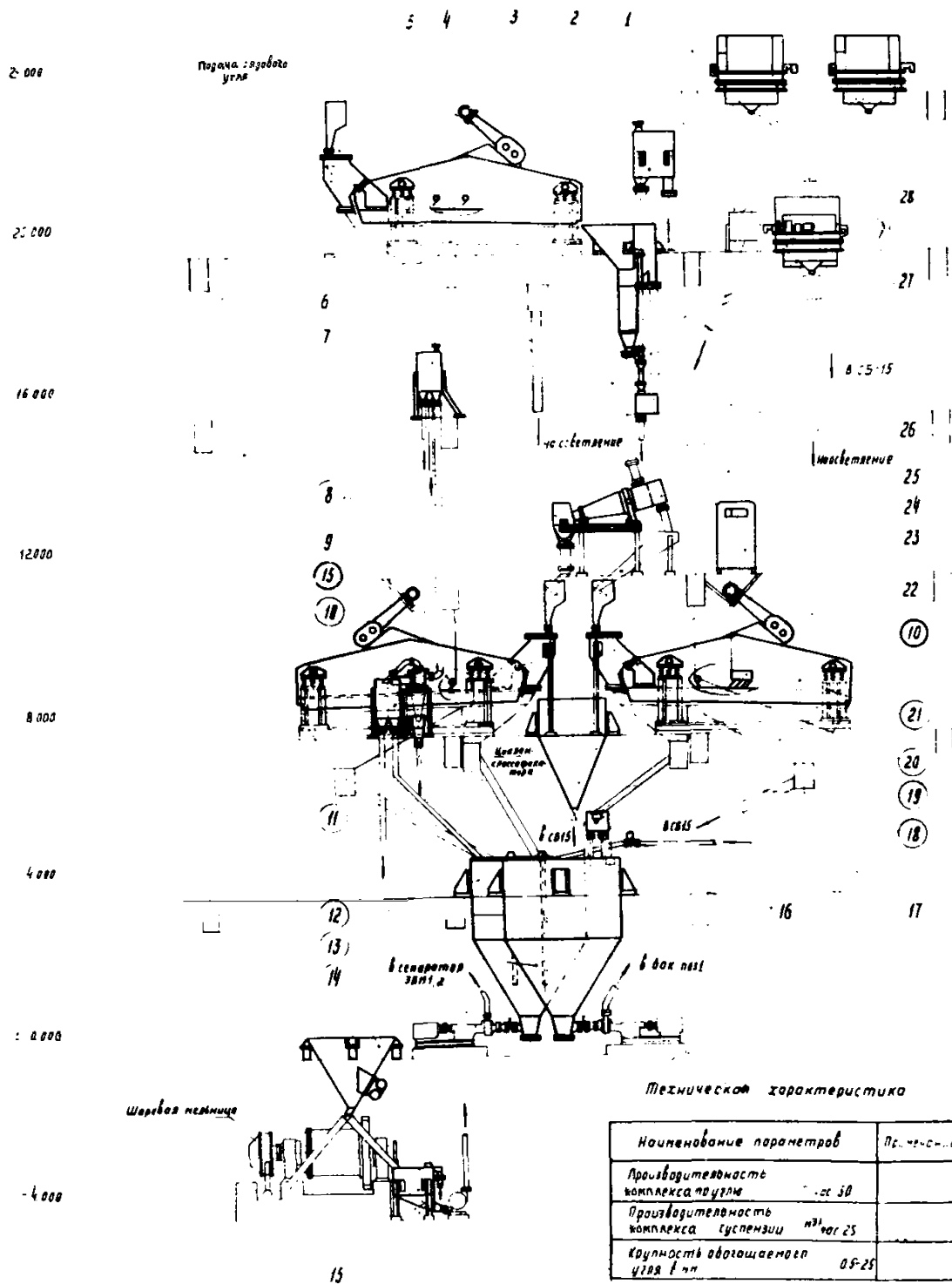
Согласно расчетам К.Т.Малофеевой и С.В.Арабяна (ИГИ) при обогащении труднообогатимых углей гидроциклоны в среднем дают выход на 3% больший, чем отсадочные машины.

Не вызывает сомнений целесообразность применения гидроциклонов с тяжелой суспензией для переобогащения промпродукта отсадочных машин на фабриках, где крупный уголь обогащается в тяжелых средах и где невозможно получить конечный промпродукт на отсадочных машинах, поскольку затраты на контрольную отсадку сопоставимы с затратами на гидроциклоны.

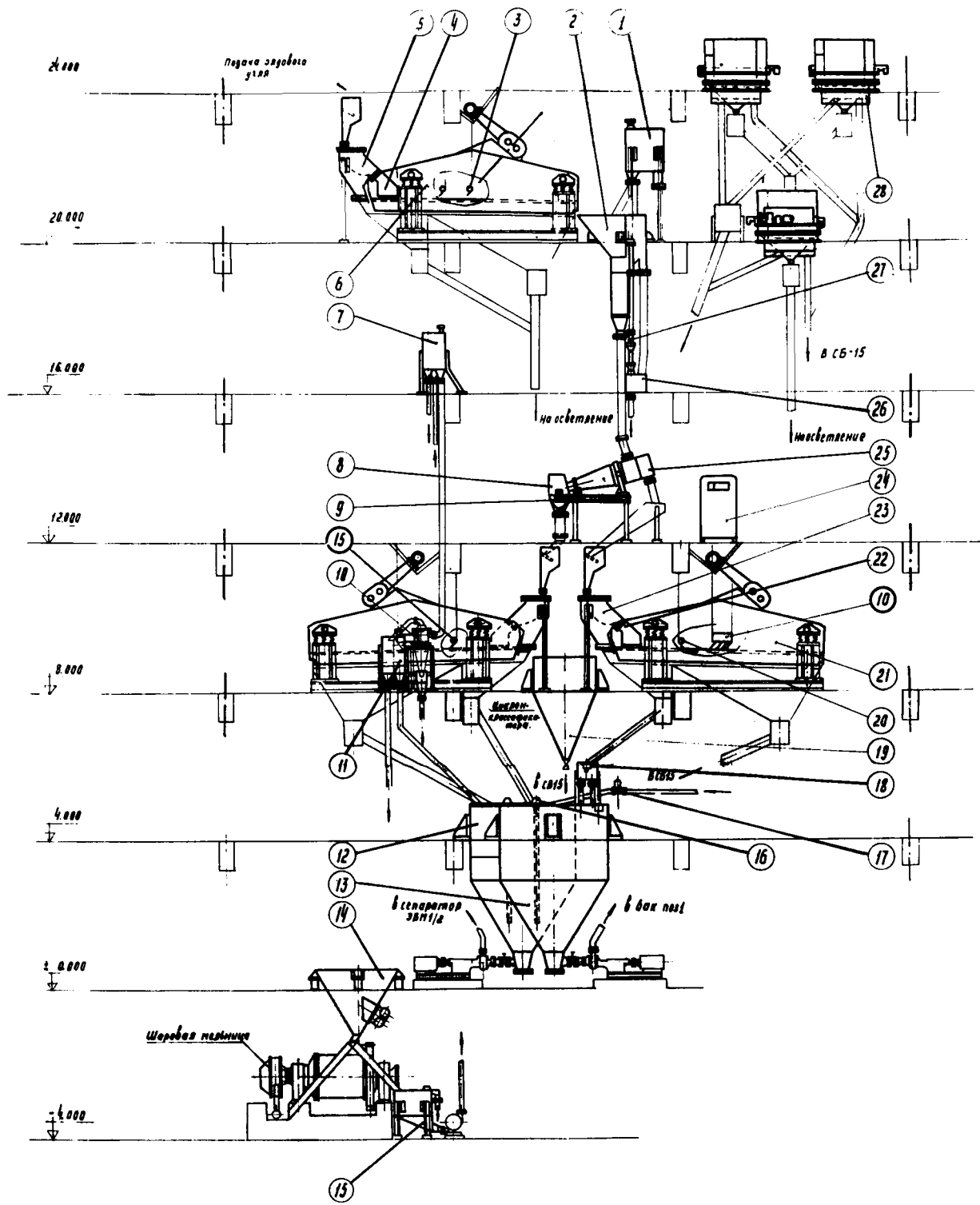
IX. КОМПЛЕКС ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРОЦИКЛОННОЙ УСТАНОВКИ

Перечень и краткая техническая характеристика оборудования гидроциклонной установки

1. Бак распределительный КГ 01:
 - а) емкость II м³;
 - б) габаритные размеры: длина - 1242 мм,
ширина - 1100 мм, высота - 1710 мм;
 - в) вес - 850 кг
2. Смеситель угля КГ 02:
 - а) производительность по углю - 50 т/час,
по пудле - 250 м³/час;
 - б) габаритные размеры: длина - 1750 мм, ширина - 2400 мм,
высота - 3250 мм;
 - в) вес - 1680 кг
3. Брызгало веерное, типа КГ 03:
 - а) габаритные размеры: ширина - 180 мм, высота - 400 мм.
Для грохота с шириной сита 1,5 м;
длина - 1520 мм, вес - 37 кг.
Для грохота с шириной сита 2 м: длина - 1825 мм,
вес - 47 кг
4. Течка КГ 04:
 - а) габаритные размеры: длина - 2132 мм, ширина - 690 мм,
высота - 750 мм;
 - в) вес - 260 кг
5. Сито дуговое КГ 05 В-2000:
 - а) производительность по пудле - 150 т/час,
по твердому - 40 т/час;
 - б) площадь фильтрующей части - 2,2 м²;
 - в) габаритные размеры: длина - 2212 мм, ширина - 1150 мм,
высота - 2265 мм;
 - г) вес - 1260 кг
6. Грохот самобалансный ГСД 62:
 - а) площадь сита - 10 м²;
 - б) мощность электродвигателя - $N = 20$ квт;
 - в) габаритные размеры: длина - 5532 мм, ширина - 2980 мм,
высота - 2280 мм;
 - г) вес - 9015 кг



Комплекс оборудования гидроциклонной установки



Техническая характеристика

Наименование параметров	Примечание
Производительность комплекса по узлам	7/час 50
Производительность комплекса по суспензии	м³/час 250
Крупность авлацанного узла, в мм	0,5-25

Коллекция заводских гидравлических установок		№ 20 000
Исполнитель	Место	Дата
Проверенный	Место	Дата
Утвержденный	Место	Дата

7. Делитель свежей суспензии КГ 07:
- а) емкость - $0,33 \text{ м}^3$;
 - б) габаритные размеры: длина - 760 мм, ширина - 700 мм, высота - 2100 мм;
 - в) вес - 520 кг
8. Воронка приемная КГ 08:
- а) габаритные размеры: длина - 820 мм, ширина - 620 мм, высота - 1300 мм;
 - в) вес - 230 кг
9. Рама КГ 09:
- а) габаритные размеры: длина - 2040 мм, ширина - 810 мм, высота - 750 мм;
 - б) вес - 175 кг
10. Брызгало ливневое КГ 10:
- а) габаритные размеры: ширина 1594 мм, высота - 520 мм;
 - б) вес - 125 кг
11. Делитель слива классификатора КГ 11:
- а) емкость - $0,33 \text{ м}^3$;
 - б) габаритные размеры: длина - 800 мм, ширина - 760 мм, высота - 2100 мм;
 - в) вес - 615 кг
12. Сборник некондиционной суспензии СБН 15:
- а) емкость - 15 м^3 ;
 - б) габаритные размеры: длина - 3612 мм, ширина - 3612 мм, высота - 4600 мм;
 - в) вес - 3130 кг
13. Сборник кондиционной суспензии СБ-15:
- а) емкость - 15 м^3 ;
 - б) габаритные размеры: длина - 3612 мм, ширина - 3612 мм, высота - 4600 мм;
 - в) вес - 3114 кг
14. Вибробункер КГ 12:
- а) емкость - 2 м^3 ;
 - б) габаритные размеры: длина 2462 мм, ширина - 1720 мм, высота - 2100 мм;
 - в) вес - 975 кг

15. Зумпф свежей суспензии КГ 13:
а) емкость - $1,3 \text{ м}^3$;
б) габаритные размеры: длина - 1490 мм, ширина - 1350 мм, высота - 1260 мм;
в) вес - 545 кг
16. Установка датчиков КГ-14.
17. Кран регулирования РКМ 3, каталог 07081-01
18. Делитель суспензии АРПС 3А
19. Резервуар свежей суспензии КГ-15:
а) габаритные размеры: длина - 2200 мм, ширина - 2200 мм, высота - 2880 мм;
в) вес - 1110 кг
20. Брызгало веерное КГ 03
21. Грохот ГСЛ-42 самобалансный:
а) площадь сита - $7,5 \text{ м}^2$;
б) мощность электродвигателя $M=20$ квт;
в) габаритные размеры: длина 5532 мм, ширина - 2580 мм, высота - 2280 мм;
г) вес грохота - 8525 кг
22. Течка КГ 04:
а) габаритные размеры: длина - 1632 мм, ширина - 690 мм, высота - 750 мм;
б) вес - 200 кг
23. Сито дуговое КГ 05 В=1500:
а) производительность по пудле - 100 т/час по твердому 30 т/час;
б) площадь фильтрующей части - $1,65 \text{ м}^2$;
в) габаритные размеры: длина - 1712 мм, ширина - 1150 мм, высота - 2265 мм;
г) вес - 970 кг

24. Авторегулятор плотности суспензии АРПСЗА
станция управления:
- пределы регулирования $I_{-+} 2,4 \text{ г/см}^3$;
 - точность регулирования $- 0,005 \text{ г/см}^3$
 - габариты станции управления: длина $- 600 \text{ мм}$,
ширина $- 475 \text{ мм}$, высота $- 1750 \text{ мм}$;
 - вес $- 285 \text{ кг}$
- 25а. Гидроциклон Ц-01 $\varnothing 630$:
- производительность максимальная:
по пухле $- 240 \text{ м}^3/\text{час}$, по углю $- 65 \text{ т/час}$;
 - крупность обогащаемого угля $- 0,5-25 \text{ мм}$;
 - габаритные размеры: длина $- 870 \text{ мм}$, ширина $- 770 \text{ мм}$,
высота $- 2442 - 2425 \text{ мм}$;
 - вес $- 1123 \text{ кг}$.
25. Гидроциклон каскадный трехпродуктовый ГК:
- производительность максимальная: по пухле $250 \text{ м}^3/\text{час}$,
по углю $- 60 \text{ т/час}$;
 - крупность обогащаемого угля $0,5-25 \text{ мм}$;
 - внутренние диаметры I и II ступени $630/500 \text{ мм}$
 - габаритные размеры с рамой: длина 2600 мм ,
ширина 1800 мм , высота $- 2000 \text{ мм}$;
 - вес 2752 кг
26. Сборник слива суспензии АРПС ЗА
27. Авторегулятор плотности суспензии АРПС ЗА
Датчик дифференциальный
28. Сепаратор электромагнитный ЭБМ I/2:
- оптимальная производительность 130 т/час ;
 - максимальная производительность по магнетиту 35 т/час ;
 - диаметр барабана $- 600 \text{ мм}$.
 - мощность электродвигателя $\mathcal{N} = 1,7 \text{ кВт}$
 - габаритные размеры: длина $- 2200 \text{ мм}$, ширина $- 2100 \text{ мм}$,
высота $- 1800 \text{ мм}$;
 - вес $- 3416 \text{ кг}$
29. Насосы для перекачки магнетитовой суспензии:
- производительность $- 400 \text{ м}^3/\text{час}$;
 - полный напор $- 30 \text{ м}$.

30. Мельница шаровая ШР-2:

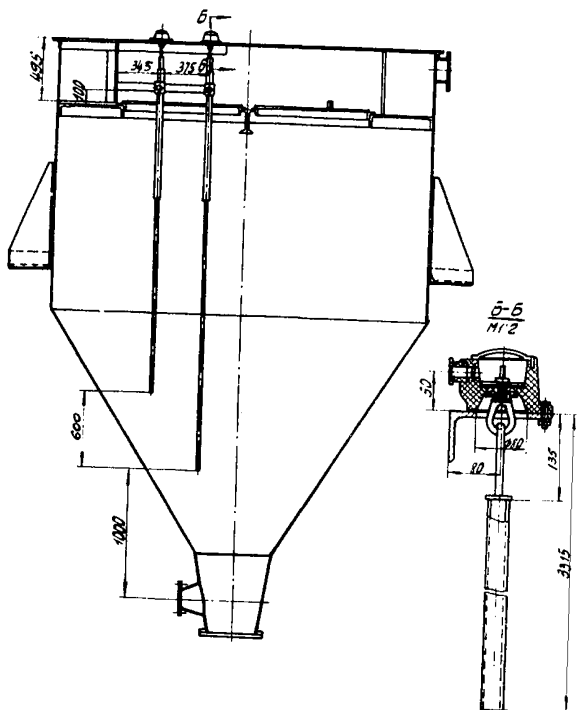
- а) диаметр барабана - 1200 мм;
- б) внутренний объем барабана - 1,15 м³;
- в) производительность 1,86-0,37 т/час;
- г) габаритные размеры: длина - 3800 мм, ширина - 2380 мм; высота - 2045 мм; д) вес - 10720 кг

31. Гидроциклон-классификатор \emptyset 350:

- а) производительность по пульпе - 80-90 м³/час;
- б) габаритные размеры: длина - 880 мм, ширина - 680 мм, высота - 1500 мм;
- в) вес - 352 кг

Примечания

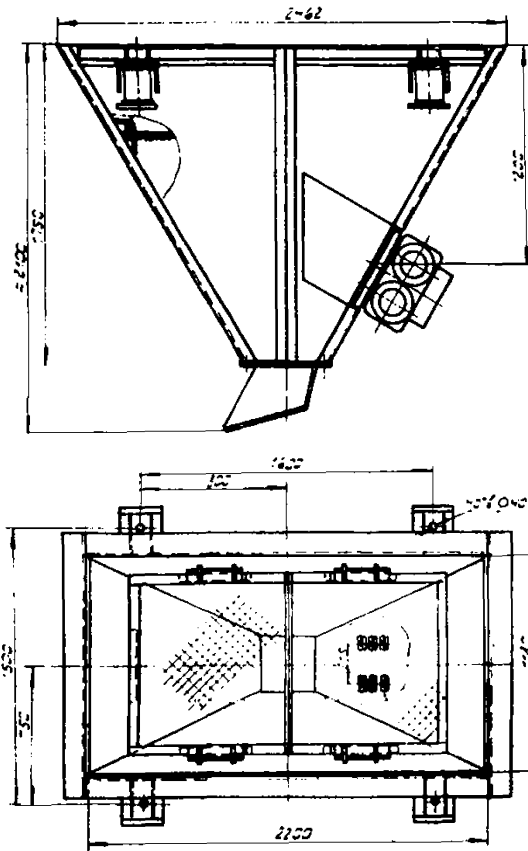
1. При установке каскадного трехпродуктового гидроциклона в системе обезвоживания продуктов обогащения добавляется третий грохот ГСД-42.
2. Для гидроциклонной установки производительность 100 т/час:
 - а) устанавливаются два двух или трехпродуктовых гидроциклона;
 - б) смеситель КГ-02 заменяется смесителем КГТ 01, имеющим два выходных патрубка;
 - в) увеличивается в соответствии с нагрузкой количество дешламационных и обезвоживающих грохостов.



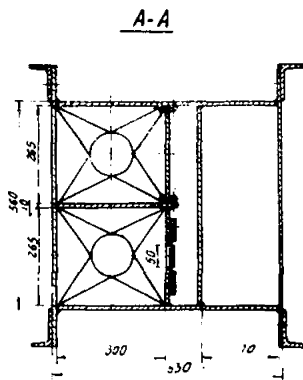
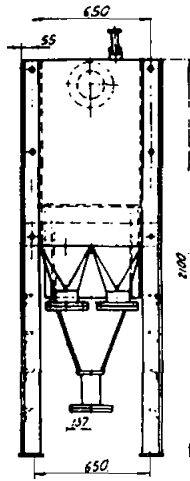
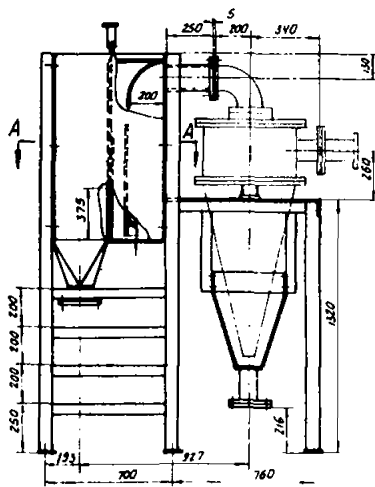
Длина электродов, мм	2580
" " " "	3180
Вес, кг	50

Составлено по материалам института
 Гипронаушпробиточные п. Луганск
 чертеж КГОИ 000

Установка датчиков	всеп.м.т.б.м.т.с.т.
--------------------	---------------------



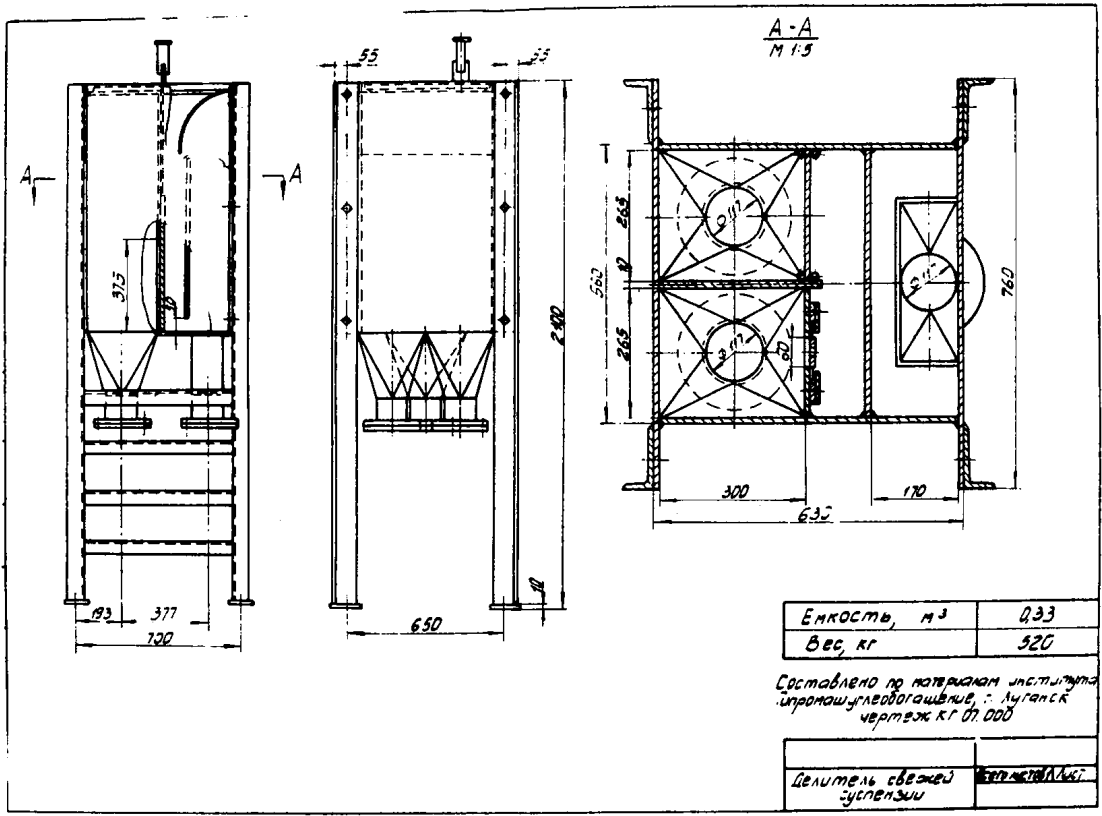
Емкость бункера	м ³	2
Расчетная амплитуда колебаний	мм	547-00
Вибратор	С-781	
Напряжение В		220 ВАС
Кабель эл. питания, шт		2
Соединение для контактов У		2
Плотность одного э. двигателя кВт		4000
Двухфазная сила, кг		2800
Частота колебаний сек/мин		
Вес бункера с пачетом	кг	28
Плотность веса	кг/м ³	1,5
Скорость вращения	с/мин	35,8
Вес вибробункера	кг	276
Составлена по материалам института промышленного обогащения г. Луганск чертеж КГ 12.000		
Вибробункер		30.00.00.000



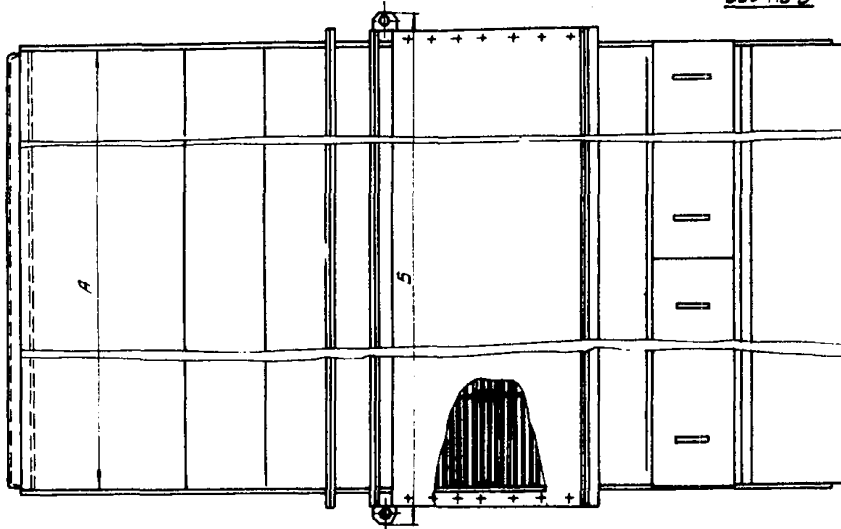
Емкость,	м ³	0,33
Вес	кг	615

Составлено по материалам института
 Гипромашгидрогазенине г. Луганск
 чертёж КГ 11. 000.

Делитель слуба классификатора	Всего листов 1 лист
----------------------------------	---------------------



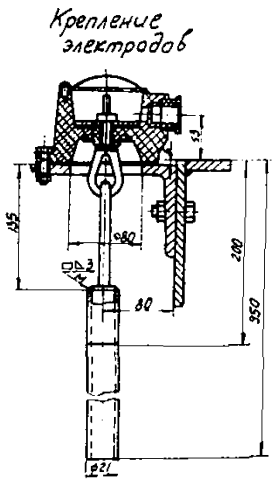
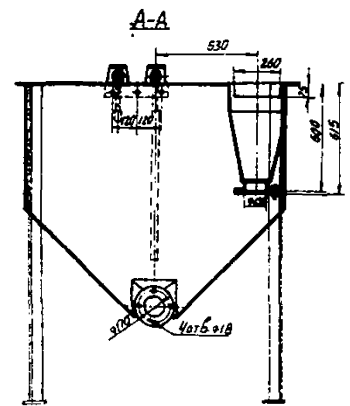
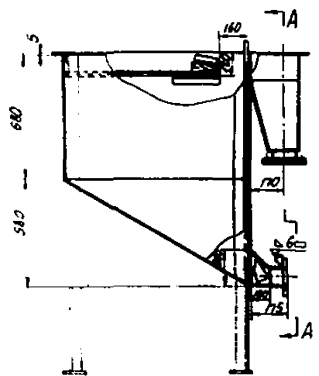
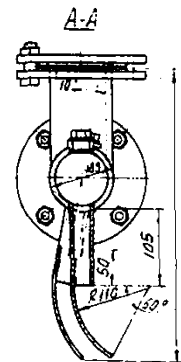
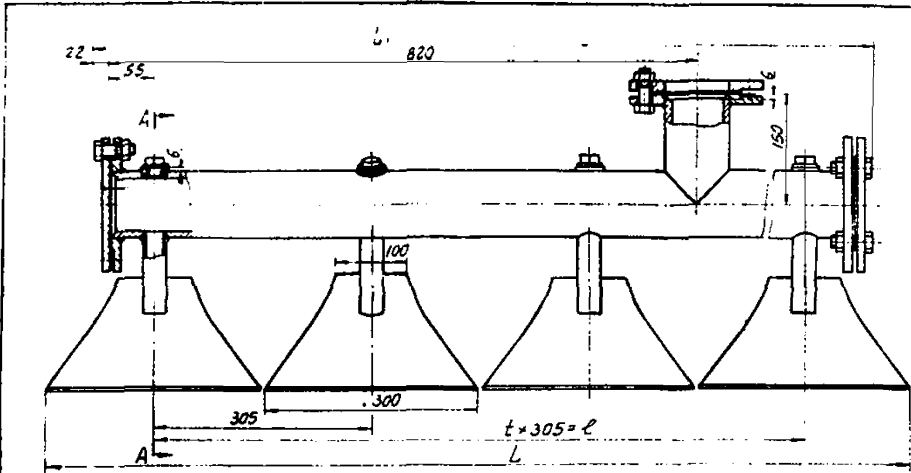
Вид по В



A	B
1500	1710
2000	2210

Составлено по материалам завода
Гипромашупробогашение г. Луганск
чертеж КГ. 05. 000

Сито Вуговое A = 1500; A = 2000	4000-1600-1000-2
------------------------------------	------------------



Брызгало лубневое

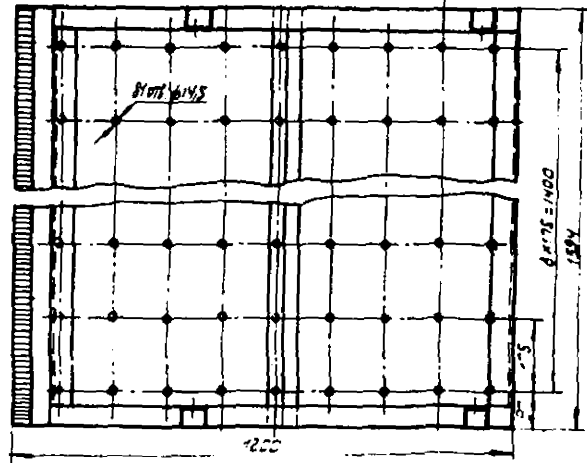
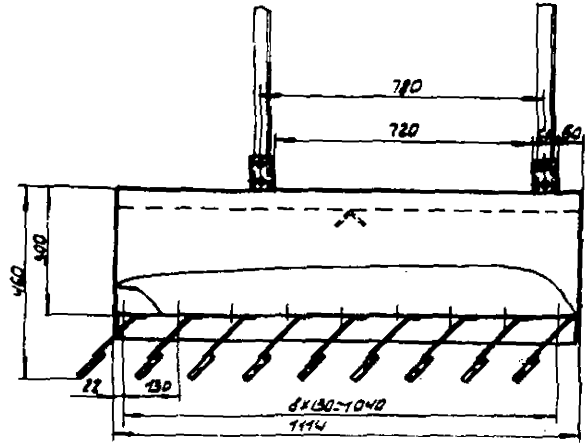
Вес	в кг	125
-----	------	-----

Зумпф свежей суспензии

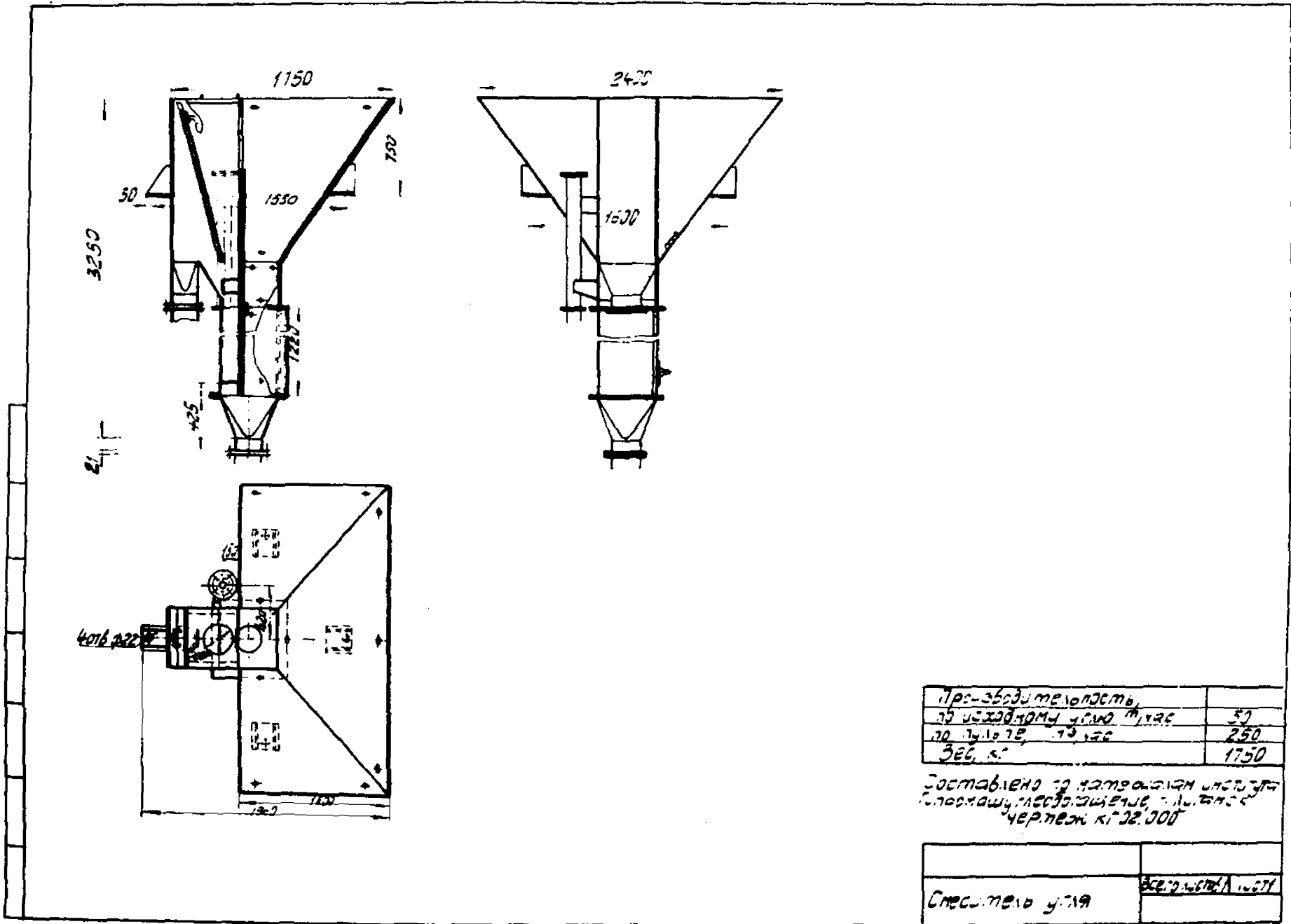
Емкость,	м ³	1,3
Вес	кг	545

Составлено по материалам института
Гипромашуглеобогатение г. Луганск
чертежи кг 10.000 и кг 13.000

Брызгало лубневое	всего 1 шт.
Зумпф свежей суспензии	



Вес брызгала кг	125
Составлено по материалам института Горношахтостроительного Лугомса Чертеж КГ. 10.000	
Брызгало ливневое	ВСЕГО ИТОГОВ 1 ШЕД



В разработке рекомендаций принимали участие:

от УкрНИИУглеобогащения

Зам.директора, к.т.н. Коткин А.М.
Зав.лабораторией Землянский П.П.
Руководитель группы Коробко Ю.В.
Ст.научный сотрудник Хайдакин В.И.
Инженер Дегтярева Н.П.

от Института горючих ископаемых

Зам.директора, к.т.н. Егоров Н.С.
Зав.лабораторией Горлов И.П.
Руководитель группы Иофа М.Б.
Инженер Семенова С.А.

от Гипрошауглеобогащения

Гл.инженер Дьяков Г.И.
Гл.конструктор проекта Кабаченко В.С.
Ведущий конструктор Филиппов А.П.
Инженер-конструктор Коротков В.В.

