МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

УКРНИИУГЛЕОБОГАЩЕНИЕ ИНСТИТУТ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

МИНИСТЕРСТВО ТЯЖЕЛОГО, ТРАНСПОРТНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ СССР
ГИПРОМАШУГЛЕОБОГАЩЕНИЕ

РЕКОМЕНДАЦИИ

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

Москва
1967

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

УКРНИИУГЛЕОБОГАЩЕНИЕ ИНСТИТУТ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

МИНИСТЕРСТВО ТЯЖЕЛОГО, ТРАНСПОРТНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ СССР
ГИПРОМАШУГЛЕОБОГАЩЕНИЕ

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

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. А.М.Коткин

Зав.лабораторией тяжелых суспензий П.П.Землянский

Руководитель темы М.В.Коробко

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

Зав.лабораторией тяжелых суспензий И.П.Горлов

Руководитель темы М.Б.Иофа

Гл.инженер института Гипромашуглеобогащение Г.И.Дьяков

Гл.конструктор проекта В.С. Кабаченко

Москва
1967

I. 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 (I,3 г/см^3), так и по высоким (до 2,2 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,I5 мм.

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

Преимущества этого метода особенно заметны при обогащении труднообогатимых углей.

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

В таблице I показано число действующих гидроциклонных установок и их производительность в различных странах по состоянию на конец I960 г. и начало I964 г.

Таблица 1

Страна	Работают на I.I.6Iг.		Построено с I.I.6I по I.3.64гг.		Итого	
	К-во	q_I т/ч	К-во	q_I т/ч	К-во	q_I т/ч
Англия	3	235	8	I400	II	I635
Бельгия	8	I084	–	–	8	I084
Франция	I	200	2	405	3	605
Германия	7	556	I	I00	8	656
Югославия	I	45	I	–	I	45
Чехословакия	9	I205	I	264	I0	I469
С Ш А	5	692	8	2095	I3	2787
Бразилия	I	65	–	–	I	65
Норвегия	I	35	–	–	I	35
Испания	3	200	2	II5	5	3I5
Польша	–	–	I	77	I	77
Родезия	I	92	–		I	92
Южная Африка	2	400	2	I90	4	590
Голландия	4	395	–	–	4	395
Индия	I	I40	4	I752	5	I892
Венгрия	I	I83	–	–	I	I83
Австралия	–	–	2	234	2	234
Япония	–	–	I	I60	I	I60
С С С Р	–	–	I	208	I	208
	48	5527	33	7000	8I	I2527

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 "Бхудих" (Индия) производительностью более 600 т/ч и "Кембрия" (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 "Брюэ" производительностью по 365 т/ч). Намечается сооружение 16 гидроциклонных установок до 1968 г. в Японии.

Гидроциклоны с тяжелой суспензией начинают применяться и на углеобогатительных 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 цилиндроконического 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 СУСПЕНЗИИ

Гидроциклоны-сепараторы можно применять в проектах обогатительных 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 вариантом, предусматривающим использование отсадочных машин.

Каскадные трехпродуктовые гидроциклоны рекомендуется применять при обогащении труднообогатимых углей и переобогащении промпродукта. Двухпродуктовые гидроциклоны целесообразно использовать в технологических схемах, не предусматривающих выделение третьего /промежуточного/ продукта.

Предельные значения крупности исходного продукта обогащения 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 перемывочного продукта применяется только при получении трех продуктов в двухпродуктовых цилиндроконических 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 смесительного желоба, дугового сита и обезвоживающего грохота (рис.6,7).

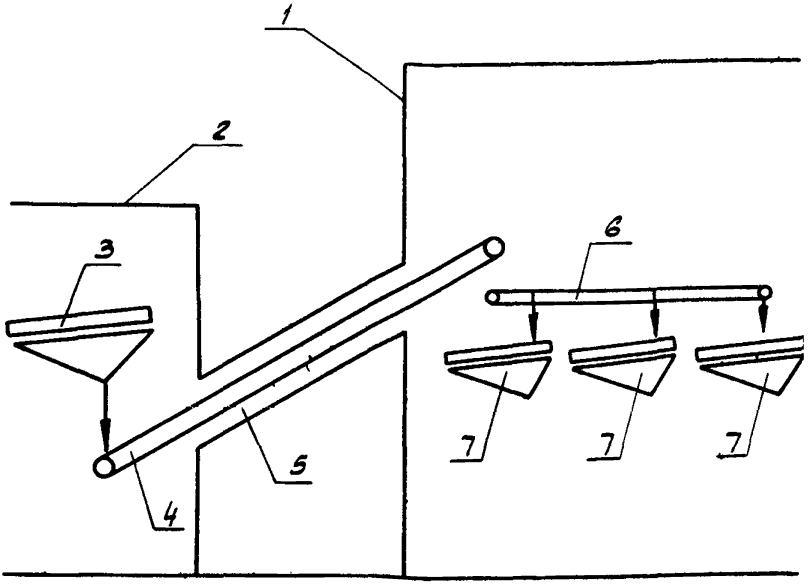


Рис.I. Система подачи угля ленточным конвейером:
I – главный корпус ОФ; 2 – корпус углеподготовки;
3 – классификационные грохоты; 4 – ленточный конвейер; 5 – галерея; 6 – распределительный конвейер;
7 – дешламационные грохоты

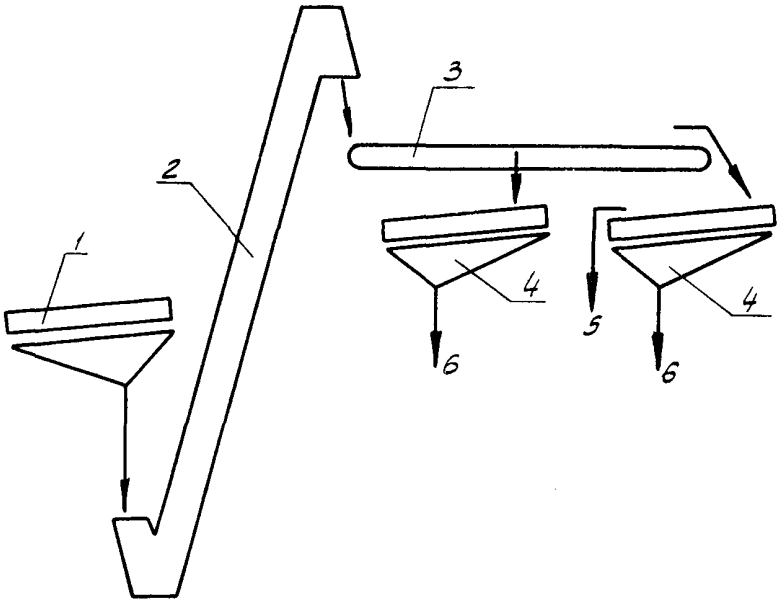


Рис.2. Система подачи угля ковшовым элеватором:
I - классификационные грохоты; 2 - ковшовый элеватор; 3 - распределительный конвейер; 4 - дешламационные грохоты; 5 - дешламированный уголь на обогащение в гидроциклоны; 6 - подрешетные воды на дешламацию

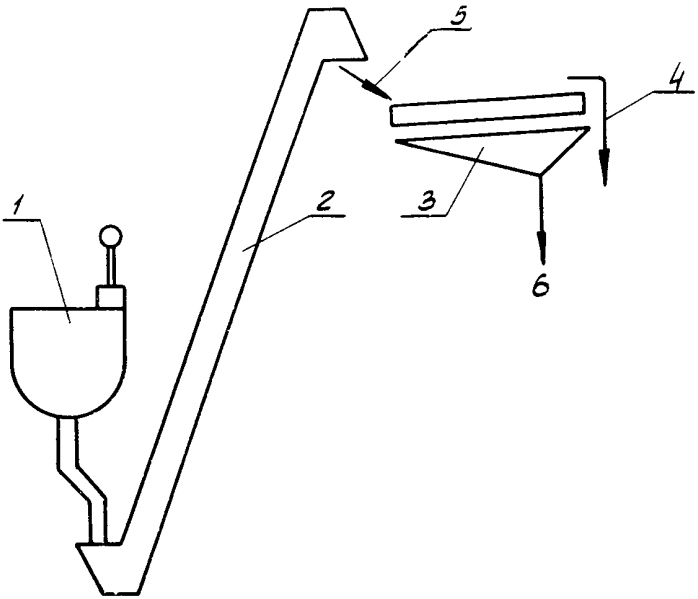


Рис.3. Подача угля элеваторами отсадочных машин:
I - отсадочная машина; 2 - продуктовый элеватор; 3 - дешламационный грохот;
4 - дешламированный продукт к смесителю;
5 - промпродукт отсадочной машины;
6 - шламовые воды на осветление

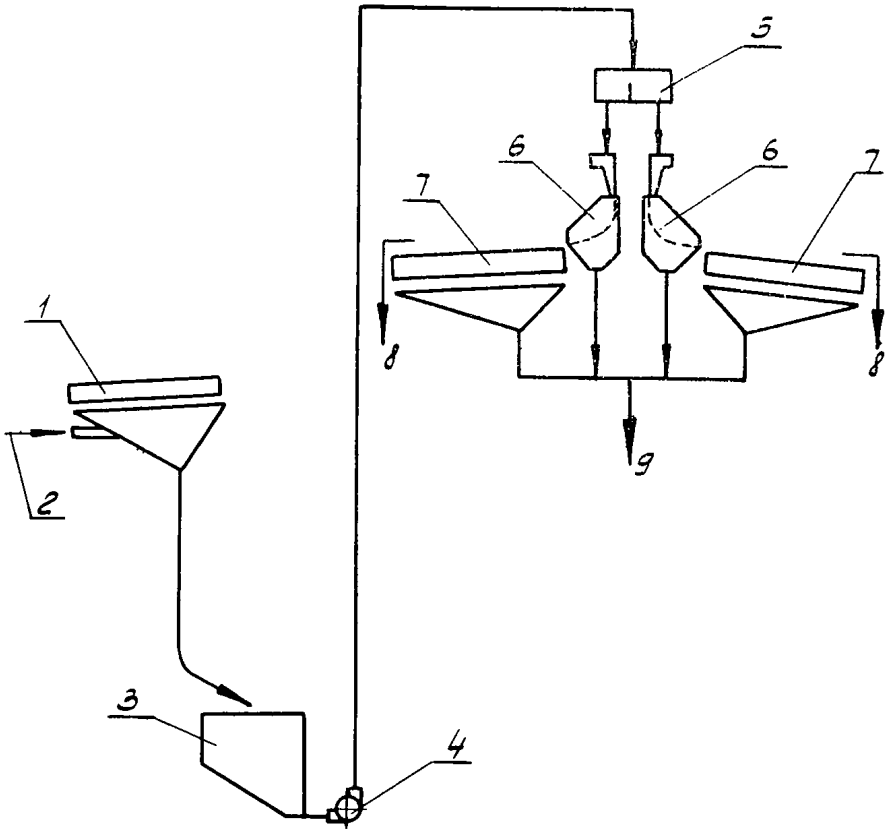


Рис.4. Гидравлическая система подачи:
I - классификационные грохоты; 2 - подача смывной воды; 3 - зумпф; 4 - насос; 5 - делитель
6 - дуговые сита; 7 - дешламационные грохоты;
8 - дешламированный уголь к смесителям; 9 - подрешетные воды на осветление

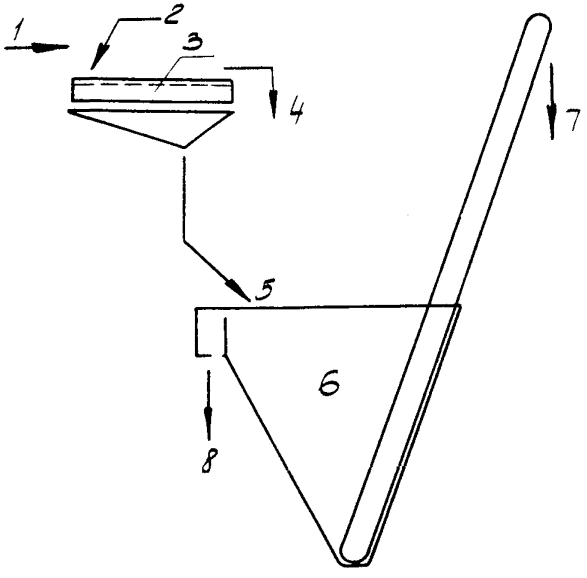


Рис. 5. Система подачи и дешламации с багер-зумпфом:
I - рядовой уголь; 2 - оборотная вода; 3 - классификационный грохот; 4 - крупный машинный класс на обогащение; 5 - мелкий уголь + вода; 6 -багер -зумпф; 7 - дешламированный мелкий уголь к смесителю; 8 - перелив на осветление

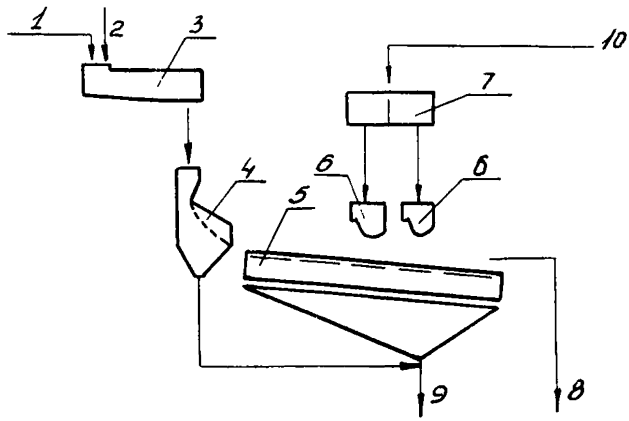


Рис.6. Система дешламации при сухой подаче угля:

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

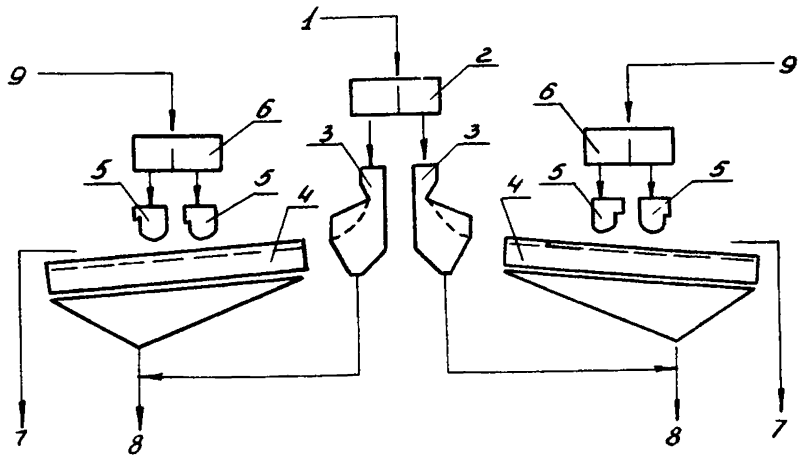


Рис.7. Система дешламации при гидравлической подаче угля:

I- 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 (Т:Ж = I : I) и требует дополнительного 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 мелкого угля производится на обезвоживающих грохотах.

Для этой цели применяются исключительно вибрационные грохоты с инерционными ускорениями более 4 g, 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 $м^3/т$).

Дешламация исходного угля должна производиться по зерну 0,5 мм.

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

Система включает в себя следующее оборудование:
резервуар рабочей суспензии, емкостью 10-20 м^3;
циркуляционные насосы (основной и резервный);
напорный трубопровод;
делитель суспензии;
смеситель;
обогатительные 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 цилиндроконическом 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).

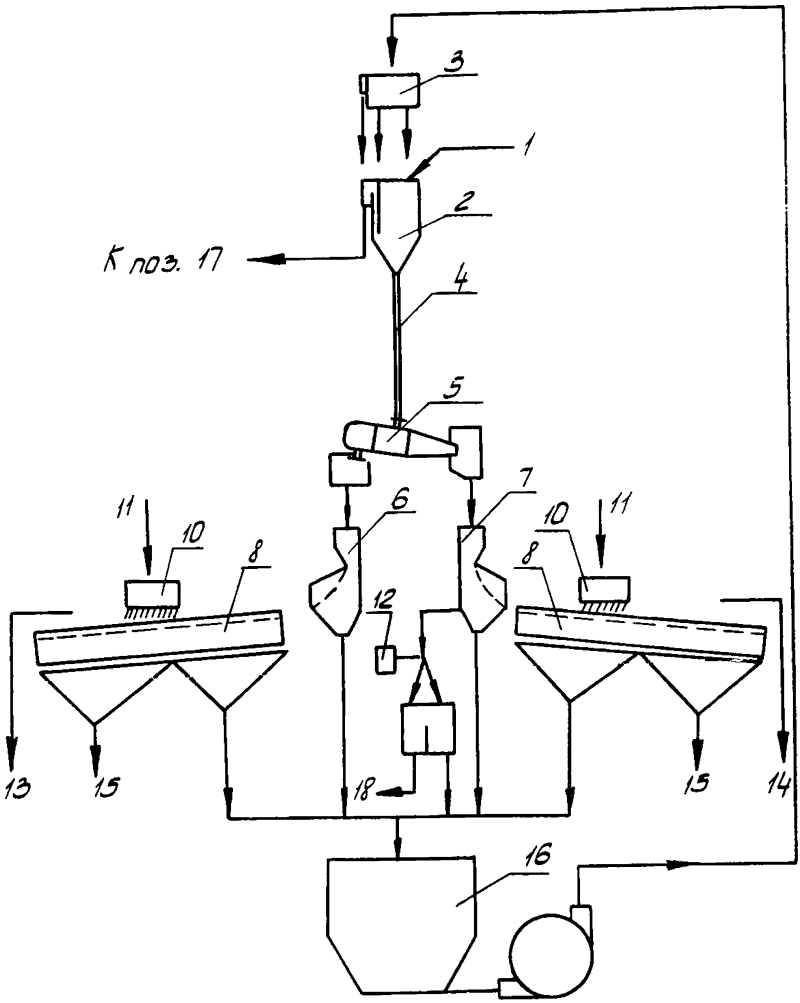


Рис.8.а Система циркуляции рабочей суспензии при обогащении в двухпродуктовом гидроциклоне:
I - дешламированный уголь; 2 - смеситель; 3 - делительный бак; 4 - напорный трубопровод; 5 - обогатительный циклон; 6,7 - дуговые сита; 8 - обезвоживающие грохоты; I0 - брызгала; II - промывная вода; I2 - делитель; I3 - концентрат; I4- порода; I5 - разбавленная суспензия; I6 - резервуар рабочей суспензии; I7 - циркуляционный насос для рабочей суспензии

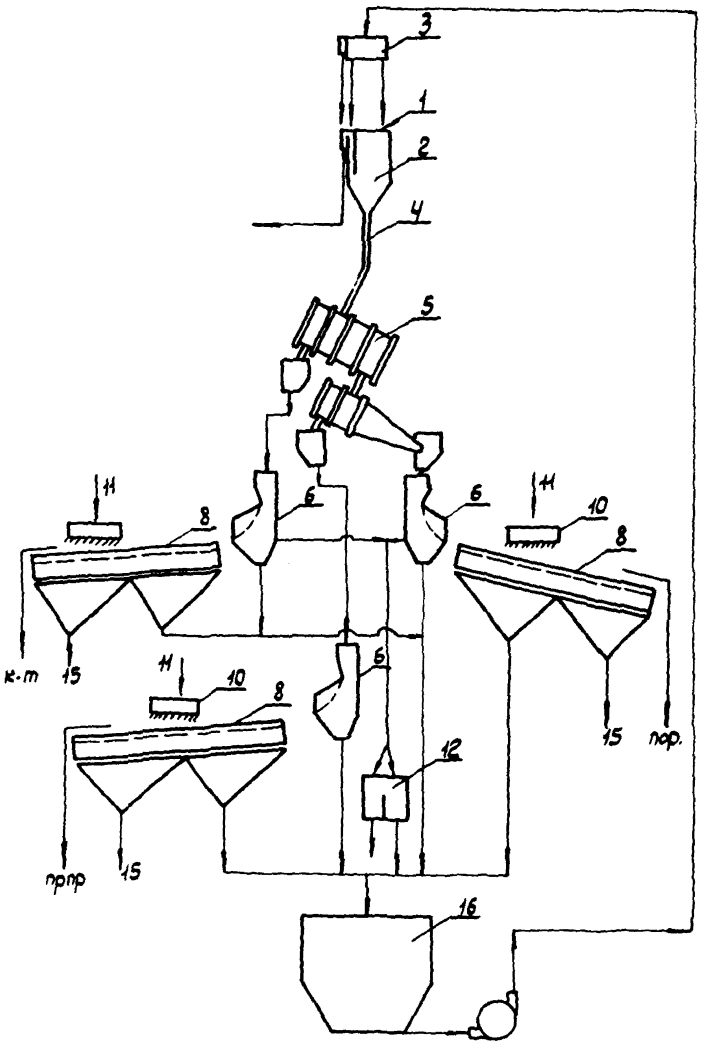


Рис.8,б.Система циркуляции рабочей суспензии при обогащении в каскадном трехпродуктовом гидроциклоне (Спецификация на рис. 8,а)

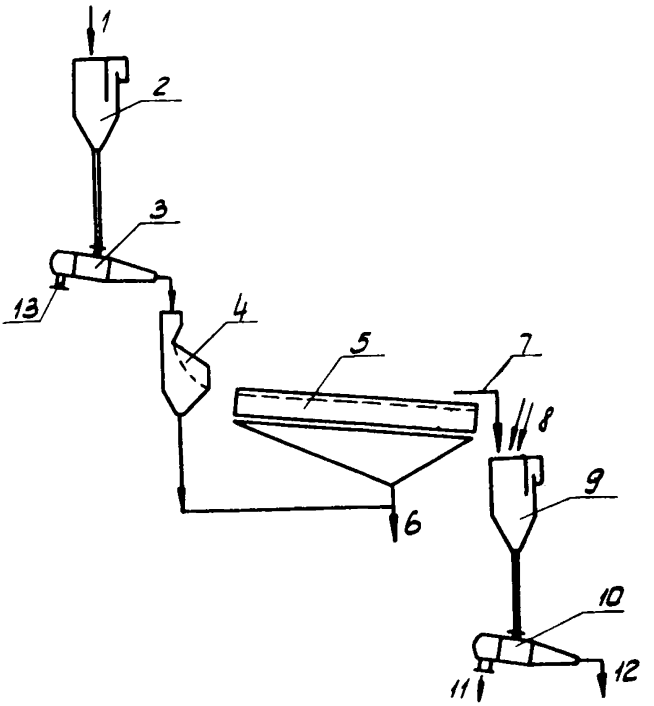


Рис.9. Самотечная передача перемывочного продукта:
I - дешламированный уголь; 2,9 - смеситель;
3,I0 - циклоны; 4 - дуговое сито; 5 - грохот для дренажа суспензии; 6 - суспензия низкой плотности в циркуляцию; 7 - перемывочный продукт; 8 - суспензия высокой плотности; II - промпродукт и суспензия; I2 - 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.I0) позволяет избежать чрезмерного шламообразования транспортируемого материала. При подъеме перемывочного продукта углесосом функции системы подачи и циркуляции совмещены (рис.II).

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 всплытию и накоплению промпродукта в резервуаре. Выдача перемывочного продукта углесосом позволяет исключить из схемы элеватор, однако это возможно только для крепких углей. При перекачке хрупкого материала шламообразование в углесосе может достигать I0% 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.I на рис.I0), либо на двух дуговых ситах, установленных последовательно (поз.5 и 6 на рис.II).

5. Система регенерации обеспечивает выполнение следующих операций:

I. 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.I2, 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.

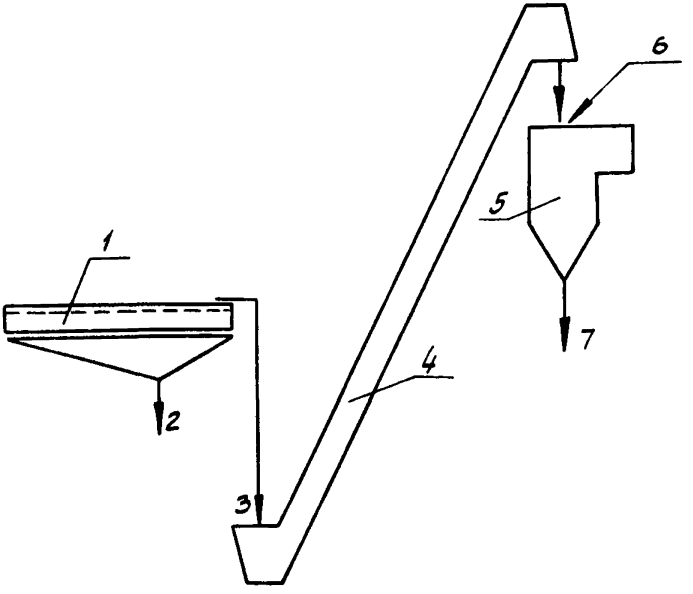


Рис.IO. Система подачи перемывочного продукта ковшовым элеватором:
I - грохот для дренажа суспензии низкой плотности; 2 - суспензия низкой плотности в рециркуляцию; 3 - перемывочный продукт; 4 - ковшовый элеватор; 5 - смеситель; 6 - суспензия высокой плотности ; 7 - к перемывочным циклонам

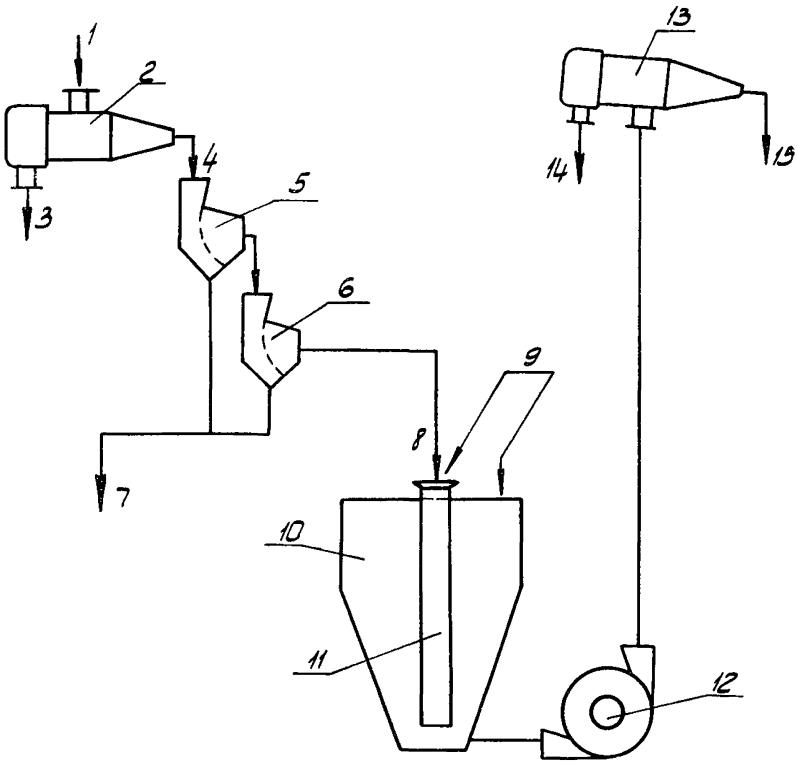


Рис.II. Система подачи перемывочного продукта углесосом:
I-уголь и суспензия;2- гидроциклон;3 - концентрат и суспензия низкой плотности; 4 - перемывочный продукт и суспензия низкой плотности; 5,6 - дуговые сита; 7 - суспензия низкой плотности в циркуляцию; 8 - перемывочный продукт; 9 - суспензия высокой плотности; I0 - резервуар суспензии высокой плотности; II - труба для перемывочного продукта; I2 - циркуляционный насос суспензии высокой плотности; I3 - циклон; I4 - пеомпродукт и суспензия; I5 - порода и суспензия

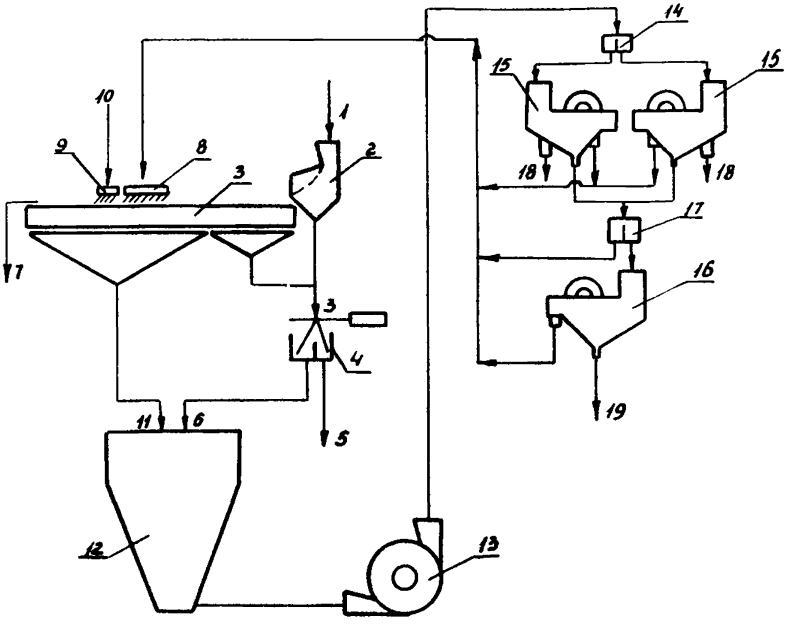


Рис.I2. Схема регенерации:
I - рабочая суспензия и продукты обогащения;
2 - дуговое сито; 3 - обезвоживающий грохот;
4 - делитель; 5 - рабочая суспензия в циркуляцию;
6 - часть рабочей суспензии на регенерацию; 7 - обезвоженные продукты обогащения; 8,9 - брызгала; I0 -техническая вода; II - разбавленная суспензия; I2 - резервуар разбавленной суспензии; I3 - насос; I4 - делитель; I5 - магнитные сепараторы (основные); I6- перечистной магнитный сепаратор; I7 - делитель; I8- регенерированная суспензия; I9 - хвосты магнитного сепаратора на осветление

На рис.I3 и I4 приведены две наиболее распространенные схемы.

Отличительной способностью первой является наличие сгустителя (8) для осаждения тонкого, сфлокулированного 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 I00 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 (I-I,5 $м^3$/т) магнитные сепараторы способны пропустить весь объем разбавленной суспензии и необходимость в сгустителях отпадает.

В этом случае наиболее целесообразна современная схема регенерации (рис.I4), где магнетит подвергается двойной магнитной сепарации, гидроциклон-классификатор разгружает перечистной 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.I5) 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.

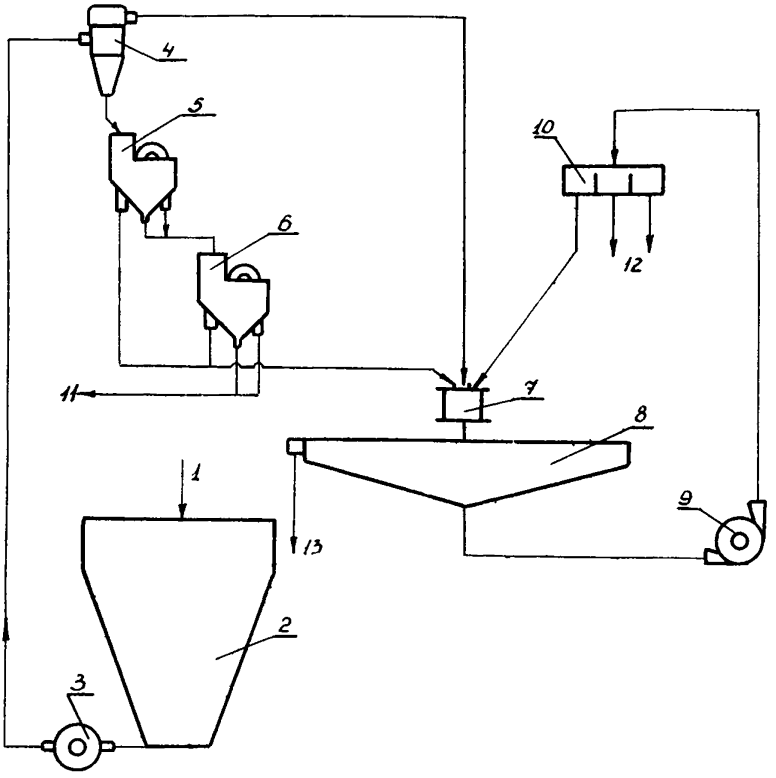


Рис.I3. Схема регенерации:

I - разбавленная суспензия; 2 - резервуар разбавленной суспензии; 3,9 - насосы; 4 - гидроциклоны-классификаторы; 5,6 - магнитные сепараторы; 7 - намагничивающий аппарат; 8 - радиальный или пирамидальный сгуститель; I0 - автоматический распределитель; II - хвосты сепараторов на осветление; I2 - регенерированная суспензия к резервуарам рабочей суспензии; I3 - перелив сгустителя к брызгалам обезвоживающих грохотов

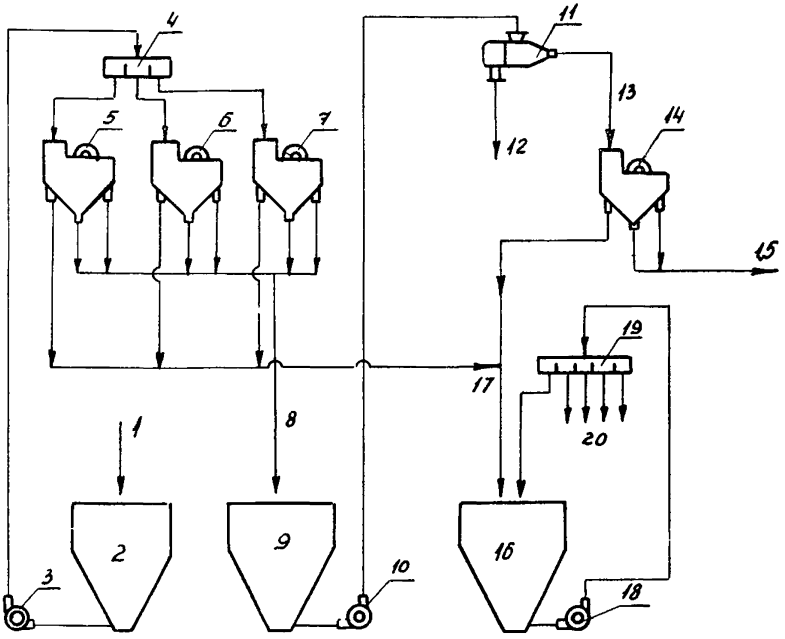


Рис.I4. Схема регенерации:

I - разбавленная суспензия; 2,9 - резервуар разбавленной суспензии; 3,I0,I8 - насосы; 4 - делитель; 5,6,7 - магнитные сепараторы (основные); 8 - слив и хвосты основных сепараторов на перечистку; II - гидроциклон -классификатор; I2 - слив гидроциклона к брызгалам грохотов; I3 - сгущенный продукт гидроциклона на перечистку; I4 - перечистной магнитный сепаратор; I5 - слив и хвосты перечистного сепаратора на осветление; I6 - резервуар регенерированной суспензии; I9 - автоматический распределитель; 20 - регенерированная суспензия к резервуарам рабочей суспензии

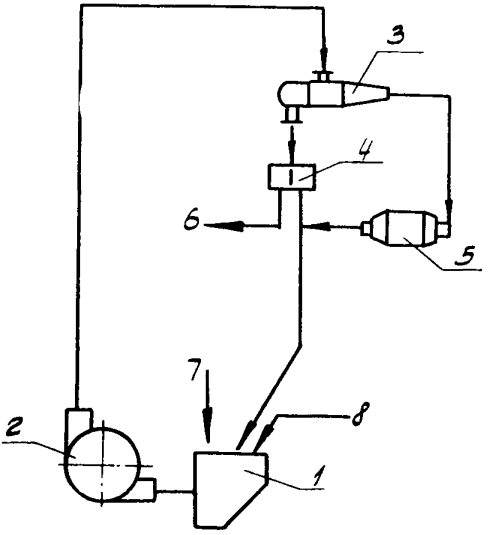


Рис.15. Система приготовления утяжелителя:
1 - зумпф; 2 - насос; 3 - гидроциклон-классификатор; 4 - делитель; 5 - шаровая мельница;
6 - готовый утяжелитель в систему регенерации;
7 - техническая вода; 8 - рядовой магнетит

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.

IУ. 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:

$$Q = 200\, F_o\, \upsilon \quad , м^3/ч,$$

где F_o – суммарная площадь отверстий поверхности сита, $м^2$;

υ – скорость подачи жидкости, м/сек.

Общая площадь сита определяется выражением

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

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

Если φ выражать в градусах, то

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

Площадь живого сечения сита $F_o = KF$,

где K - коэффициент живого сечения сита.

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

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 = I,6 - I,7 м/сек.

Таким образом

$$Q = 200 \frac{BR\varphi}{57,3} \cdot v \cdot \frac{s}{s+t}, \; м^3/ч$$

или

$$Q \cong 3,5 BR\varphi v \frac{s}{s+t}, \; м^3/ч.$$

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

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

Таким образом производительность дугового сита по твердому составит

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

Унос жидкости с надрешетным продуктом колеблется в пределах 1-0,4 $м^3/т$. 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 $\eta = \frac{Q_{подр}}{Q}$, где

$Q_{подр}$ – количество жидкости удаляемой под решето;
Q – количество жидкости в питании дугового сита.

При подаче разбавленного питания и полном сбросе основного потока жидкости под решето 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 $\delta = 0,5 \cdot 2 = 1$ 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 устанавливать брызгала с удельным расходом осветленной воды на ополаскивание до 0,5 $м^3/т$.

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 $м^3/ч$ 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/м^3)*.

Таким образом производительность гидроциклонов по обогащаемому материалу будет колебаться в пределах

$$G = (0{,}2 \div 0{,}4)\, Q \text{ т/ч}.$$

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 м³/ч	G_1
350	3,2	56-58	I5-25
500	4,5	I38-I43	30-55
600	5,4	2I7-225	50-85
630	5,6	248-258	55-I00

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 УкрНИИУглеобогащение, техническая характеристика которых приведена в таблице 3.

Таблица 3

Показатели	Циклон ∅ 500 мм	Циклон ∅ 630 мм
I	2	3
Внутренний диаметр гидроциклона, мм	500	630
Угол конусности, град.	20	20
Размеры питающего отверстия, мм:		
высота	I00	I50
ширина	80	80
Диаметр сливной насадки, мм	2I5	260
Диаметр нижней насадки, мм	I50, I80	I80
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.	I5	I5
Геометрическая высота подачи питания, м	4,5	5,7

I	:	2	:	3
Производительность гидроциклона по пульпе, $м^3/ч$		I40		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 цилиндроконическом 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 осуществляемый в самом гидроциклоне. Для этого использовано естественное свойство гидроциклона сгущать суспензию. При обогащении мелкого угля в суспензии тяжелые фракции удаляются в потоке сгущенной суспензии, а легкие - в потоке разжиженной суспензии.

В первой ступени каскадного гидроциклона (рис.I6) уголь разделяется на два продукта в исходной суспензии. Во вторую ступень поступает микст тяжелых фракций вместе со сгущенной суспензией, являющейся для этой ступени новой разделительной средой повышенной плотности.

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

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 30^0.

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

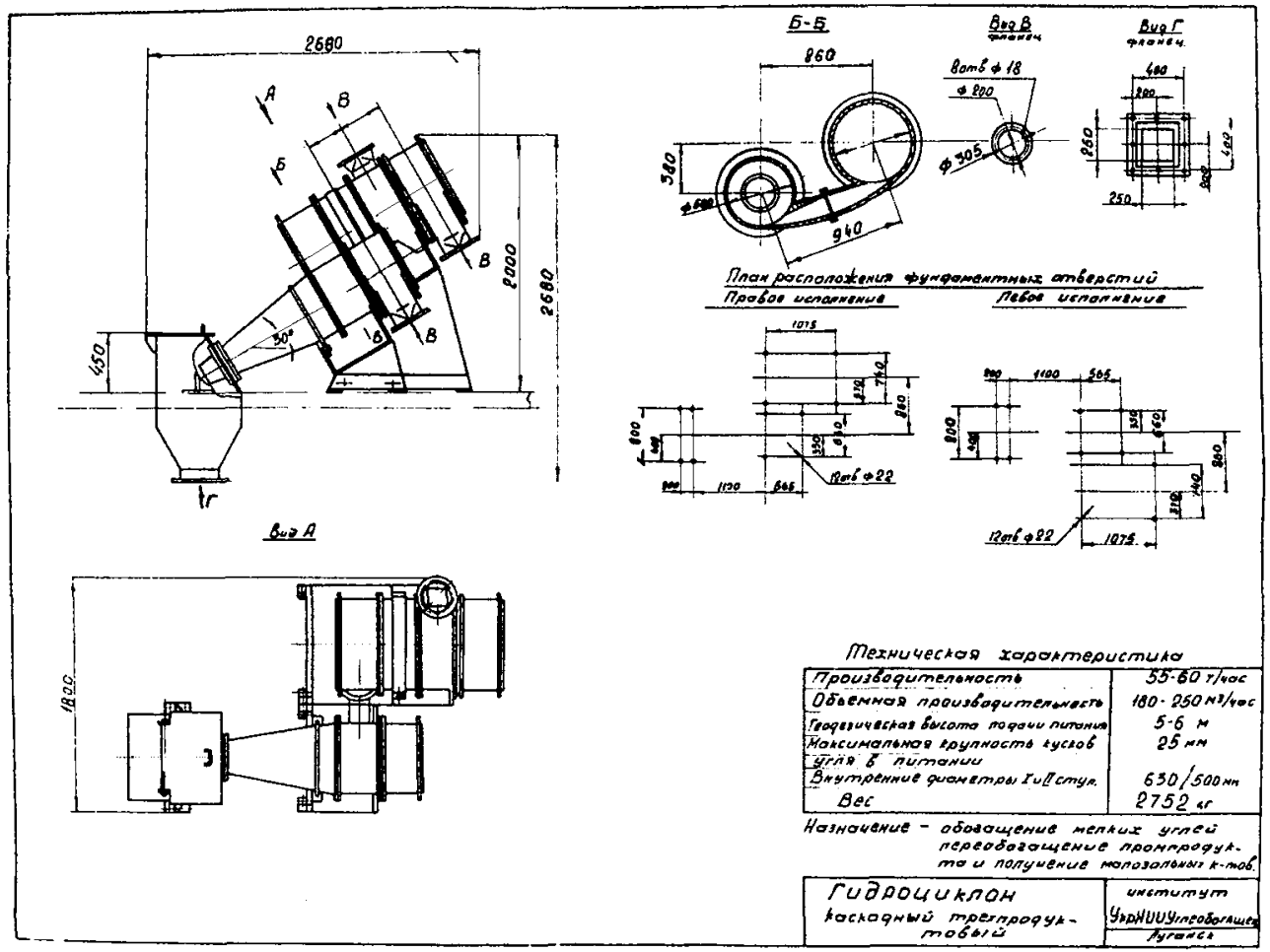


Рис.16. Гидроциклон каскадный трехпродуктовый

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	
Эквивалентный 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 Гипромашуглеобогащение.

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 $м^3/ч$ на I 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 I 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	I,7
0,5-I5	2,0
0,5-I0	2,5
0,5-6	3,0

При использовании брызгал ливневого типа расход воды может быть уменьшен до I,5 - I,0 $м^3/т$.

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

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

в) Резервуары рабочей суспензии

В схемах гидроциклонных установок могут быть использованы стандартные резервуары СБ-I5 и СБН-I5, емкостью I5 $м^3$, серийно-выпускаемые луганским заводом им.Пархоменко.

4. Оборудование для регенерации суспензии

а) Магнитные сепараторы

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

Техническая характеристика сепаратора ЭБМ I/2

Максимальная производительность по суспензии, $м^3/ч$ I80

Максимальная производительность по магнетиту, т/ч 35

Ширина питающего лотка, мм I200

Диаметр магнитного барабана, мм 600

Число оборотов барабана, об/мин 5

Напряженность магнитного поля на поверхности барабана, эрстед I400

Мощность, потребляемая магнитной системой, квт . . До 5

Мощность электродвигателя привода сепаратора, квт I,7

Габаритные размеры, мм 2200x2I00xI800

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/см^3 при содержании шлама I00 г/л до 2,I г/см^3 при 270 г/л. Плотность магнитного концентрата перечистного магнитного сепаратора I,8-I,9 г/см^3. Содержание шлама в магнитном концентрате в I,2 - I,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
I00	96	—
I30	90	—
I70	80	95
2I0	70	90
240	60	—
270	50	80

б) Гидроциклон-классификатор

В качестве гидроциклона-классификатора рекомендуется сгустительный гидроциклон диаметром 350 мм, разработанный институтом УкрНИИУглеобогащение 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 ати, $м^3/ч$	80-90

У. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕЙ СУСПЕНЗИИ И ТРЕБОВАНИЯ К УТЯЖЕЛИТЕЛЮ

Плотность суспензии можно определить по формуле:

$$\Delta = \vartheta_m \delta_m + \vartheta_s \delta_s + 1 - (\vartheta_m + \vartheta_s),\ т/м^3,$$

где ϑ_m и ϑ_s - объемная концентрация соответственно магнетита и шлама, выраженная в долях единицы,

δ_m и δ_s - плотность магнетита и шлама, $т/м^3$,

m и s - содержание магнетита и шлама в суспензии, $т/м^3$

$$m + s = t,\ т/м^3,$$

t - содержание твердого в суспензии.

В общем случае $\Delta = \vartheta_t \delta_t + 1 - \vartheta_t$,

откуда $\vartheta_t = \frac{\Delta - 1}{\delta_t - 1}$ и $t = \vartheta_t \delta_t$.

Таким образом, зная плотность магнетита (δ_m) и шлама ($\delta_ш$), 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 (δ = 0,2-0,25 т/м^3), поскольку обогащение в гидроциклонах происходит успешно при объемной концентрации твердой фазы до φ = 0,4 и вязкости суспензии, превышающей 40 сантипуаз.

Плотность рядового магнетита может колебаться в пределах δ_m = 4,6 - 4,2 т/м^3, содержание магнитной фракции не менее 90%.

Магнитаная проницаемость должна быть не менее 0,7.

Ниже приводится гранулометрический состав магнетита

Крупность, мк	Выход, %
+ 50	2
50 - 30	I2
30 - I2	43
I2 - 5	26
- 5	I7
Итого	I00

УI. 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:

$$Q_{вн} = \overline{W} G, \ м^3/ч,$$

где $\overline{W}$ - отношение Ж : Т, $м^3/т$,

G - производительность по углю, т/час,

$\overline{W} = \frac{W}{100-W}$?

W - внешняя влага, %.

Например при W = I5% и производительности установки I00 т/ч поступление влаги будет составлять

$$Q_{вн} = \frac{I5}{I00-I5} \cdot I00 = I7,7 \ м^3/ч.$$

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

Авторегулятор дооавляет 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:

$$WG + Q_{тк} + Q_{рег} = Q_у + Q_р$$

В правой части равенства Qу, $м^3/ч$ - объем суспензии, уносимой на поверхности продуктов обогащения.

$Q_р$ - 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:

$$WG + Q_{тк} \Delta_{тк} + Q_{рег} = (Q_у + Q_р) \Delta_о, \quad (1)$$

где $\Delta_о$ - плотность рабочей суспензии, $т/м^3$.

Баланс по магнетиту

$$Q_{тк} m_{тк} = (Q_у + Q_р) m_о, \quad (2)$$

где $m_{mк}, m_o$ – содержание магнетита в магнитном концентрате и рабочей суспензии.

Из (2) имеем $$Q_{mк} = \left(Q_y + Q_p\right)\frac{m_o}{m_{mк}}. \qquad (3)$$

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

$$Q_y + Q_p = \frac{G\bar{W} + Q_{рег}}{\Delta_o - \Delta_{mк}\frac{m_o}{m_{mк}}} \qquad (4)$$

или

$$Q_y + Q_p \cong \frac{GW + Q_{рег}}{\Delta_o - \Delta_{mк}\frac{\Delta_o - 1}{\Delta_{mк} - 1}}. \qquad (5)$$

Нагрузка на магнитные сепараторы по магнетиту составит:

$$M = \left(Q_y + Q_p\right)m_o \ , \ т/ч.$$

Нагрузка на сепараторы по разбавленной суспензии

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

где Qбр – количество воды, подаваемой на брызгала

$$Q_{бр} = (1 \div 3)G, \ м^3/ч.$$

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

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

$Q_{рег}$ может быть принято в размере 2 – 3 м^3/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 ($S_{mк}$), обогащаемым углем (S_1) и образующимся в процессе обогащения за счет декламации (S_2), должно компенсироваться выводом шлама в систему регенерации.

Баланс по шламу будет выглядеть следующим образом:

$$S_1 + S_2 + Q_{mк}S_{mк} = S_o, \qquad (6)$$

где: $S_1 = K_1 G$, т/ч;

K_1 – содержание шлама в деламинированном угле, % , обычно 3 – 5% ;

G – производительность по обогащаемому материалу, т/ч;

$$S_2 = K_2 G, \ т/ч.$$

K_2 = 0,01 - 0,02 при самотечной подаче материала и
K_2 = 0,03 - 0,04 при насосном питании гидроциклонов-сепараторов.

$\delta_{тк}$ - содержание шлама в магнитном концентрате, т/м^3, обычно в 1,2 - 1,5 раз превышает содержание шлама в питании регенерации.

δ_0 - содержание шлама в рабочей суспензии. В расчете можно принять равным 0.2 - 0,25 т/м^3.

Поскольку $Q_{мк} = (Q_у + Q_р)\frac{\Delta_0 - 1}{\Delta_р - 1}$

из выражения (6) окончательно получим:

$$Q_у + Q_р = \frac{\delta_1 + \delta_2}{\delta_0 - \delta_{тк}\frac{\Delta_0 - 1}{\Delta_р - 1}}, \ м^3/ч.$$

Расчет системы разбавленной суспензии сводится к определению количества хвостов магнитных сепараторов (Qc), которое необходимо вывести в водно-шламовую систему фабрики, для поддержания на определенном уровне содержания шлама в разбавленной суспензии ($\delta_{рс}$).

Баланс по шламу будет выглядеть следующим образом:

$$\delta_1 + \delta_2 = Q_с \cdot \delta_{рс}; \quad Q_с = \frac{\delta_1 + \delta_2}{\delta_{рс}}.$$

величина $\delta_{рс}$ может находиться в пределах
100 - 200 г/л (0,1 - 0,2 т/м^3).

УП. РАСЧЕТ ОЖИДАЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБОГАЩЕНИЯ

При расчете ожидаемых результатов обогащения в гидроциклонах с магнетитовой суспензией можно использовать аналитический метод, подробно изложенный в книге Л.Б.МУШЛОВИНА "Определение и оценка результатов на углеобогатительных машинах".

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

$$X = \frac{di - d}{E_р},$$

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

E_p - вероятное отклонение.

d_i - плотность фракции;

d - плотность разделения

Для обогащения угля крупностью 0,5-I3 мм в двухпродуктовых гидроциклонах, по данным фирмы Стамикарбон, величина E_p определяется:

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

Величина E_p в трехпродуктовых гидроциклонах по данным промышленных испытаний в диапазоне I,45-I,60 составляет 0,05 и в диапазоне I,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 отсадкой в таблицах I0 и II приведена зависимость ε от X для современных зарубежных (данные фирмы Стамикарбон) и отечественных (данные УкрНИИУглеобогащение) отсадочных машин.

Для современных отсадочных машин (тип машин фирмы ПИК) фирма Стамикарбон рекомендует значение Ер определять по формуле

$$E_p = 0{,}107 d \left(\lambda - 1\right).$$

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		0,98I
- 5		0,0I25		6		0,984
- 4		0,0I85		7		0,987
- 3,5		0,02I		8		0,990
- 3		0,028		9		0,992
- 2,5		0,042		I0		0,995
- 2		0,070		II		0,998
- I,5		0,I32		I2		I,000
- I		0,250				
- 0,5		0,375				
0		0,500				
+0,5		0,675				
I		0,750				
I,5		0,850				
2		0,9I8				
2,5		0,947				
3		0,958				

Таблица 8

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

1 стадия разделения

$di-d$, кг/м³	E, %	$di-d$, кг/м³	E, %	$di-d$, кг/м³	E, %
				0	50,00
		-260	0,43	I0	55,67
0	50,00	-270	0,3I	20	60,78
-I0	44,I6	-280	0,23	30	65,40
-20	38,98	-290	0,I6	40	69,6I
-30	34,37	-300	0,II	50	73,48
-40	30,26	-3I0	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	I7,7I	-350	0,0I	I00	88,44
-90	I5,34			II0	90,59
-I00	I3,24			I20	92,48
II0	II,35			I30	94,I0
-I20	9,69			I40	95,46
-I30	8,2I			I50	96,59
-I40	6,92			I60	97,49
-I50	5,78			I70	98,20
-I60	4,79			I80	98,75
-I70	3,94			I90	99,I5
-I80	3,2I			200	99,44
-I90	2,59			2I0	99,64
-200	2,07			220	99,78
-2I0	I,64			230	99,87
-220	I,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/м³	E_i, %	d_i-d кг/м³	E_i, %	d_i-d кг/м³	E_i, %	d_i-d кг/м³	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 I0

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

X	E	X	E
		+ 0,5	0,60I
		I,0	0,704
		I,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
- I,5	0,070	4,5	0,9I4
		5,0	0,927
- I,0	0,I88	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	I,5	0,8232
-5,5	0,0003	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,I059	5,5	0,9890
- I,5	0,I648	6,0	0,9922
- I,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	0,998C
I,0	0,7500		

УШ. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОЦИКЛОНОВ С ТЯЖЕЛОЙ СУСПЕНЗИЕЙ

При определении экономической целесообразности применения гидроциклонов неоохолимо 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 переобогащению 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 I2

Наименование процессов	Эксплуатационные расходы, коп/т*
Гидроциклонная установка с разделением на 3 продукта при шахте "Виктория-Люнен" ФРГ, I954 г.	49,7
Гидроциклонная установка с разделением на 3 продукта (расчет фирмы "Ведаг" ФРГ, I957 г.)	44,5
Гидроциклонная установка с разделением на 2 продукта (расчет фирмы "Ведаг", ФРГ, I957 г.)	29,5
Контрольная отсадочная машина (расчет фирмы "Ведаг", ФРГ, I957 г.)	23,9
Контрольные отсадочные машины (средние данные по пяти ОФ УССР)	40,2

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

Таблица I3

Наименование процессов	Эксплуатационные расходы, коп/т*
Отсадочная машина мелкого зерна, ФРГ I953 г.	II,I
Отсадочная машина мелкого зерна, ФРГ I953 г.	I2,0
Отсадочная машина мелкого зерна, Голландия, I963 г.	II,5
Отсадочные машины мелкого зерна (средний показатель по пяти ОФ УССР, I963 г.)	9,6
Отсадочные машины мелкого зерна, ОФ Днепродзержинского КХЗ, I963 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 УкрНИИУглеобогащение, 1965 г.)	15,8

* Голландские гульдены 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 Ер = 0,030; для современных отсадочных машин Ер = 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.I4):

Таблица I4

Уголь верхней пачки			Уголь нижней пачки		
	Гидроциклоны	Отсадка γ=0,I6		Гидроциклоны	Отсадка γ = 0,I6
Плотность разделения	I,50	I,47	Уд.вес разделения	I,45	I,4I6
Выход к-та,%	43,6	37,5	Выход,к-та	43,0	33,5
A^c, к-та	I5,0	I5,0	A^c,к-та	I5,0	I5,0

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.I5):

Таблица I5

	Отсадка γ= 0,25	Отсадка γ= 0,I6	Гидроциклоны
I плотность разделения ..	I,50	I,555	I,565
II плотность разделения ..	2,30	2,00	I,89
Выход к-та, %	59,63	65,55	67,68
Выход п/п,%	25,85	I4,95	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.I6.

Таблица I6

Показатель	Процессы		
	Отсадка γ=0,25	Отсадка γ=0,I6	Гидроциклоны
Стоимость концентрата	8,93	9,8I	I0,I3
Стоимость промпродукта	0,88	0,5I	0,34
Итого стоимость реализованной продукции	9,8I	I0,32	I0,47
Стоимость переработки	0,I0	0,I0	0,I6
Стоимость исходного угля	8,26	8,26	8,26
Прибыль	I,45	I,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,I3% 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 11 $м^3$;
   б) габаритные размеры: длина - 1242 мм, ширина - 1100 мм, высота - 1710 мм;
   в) вес - 850 кг

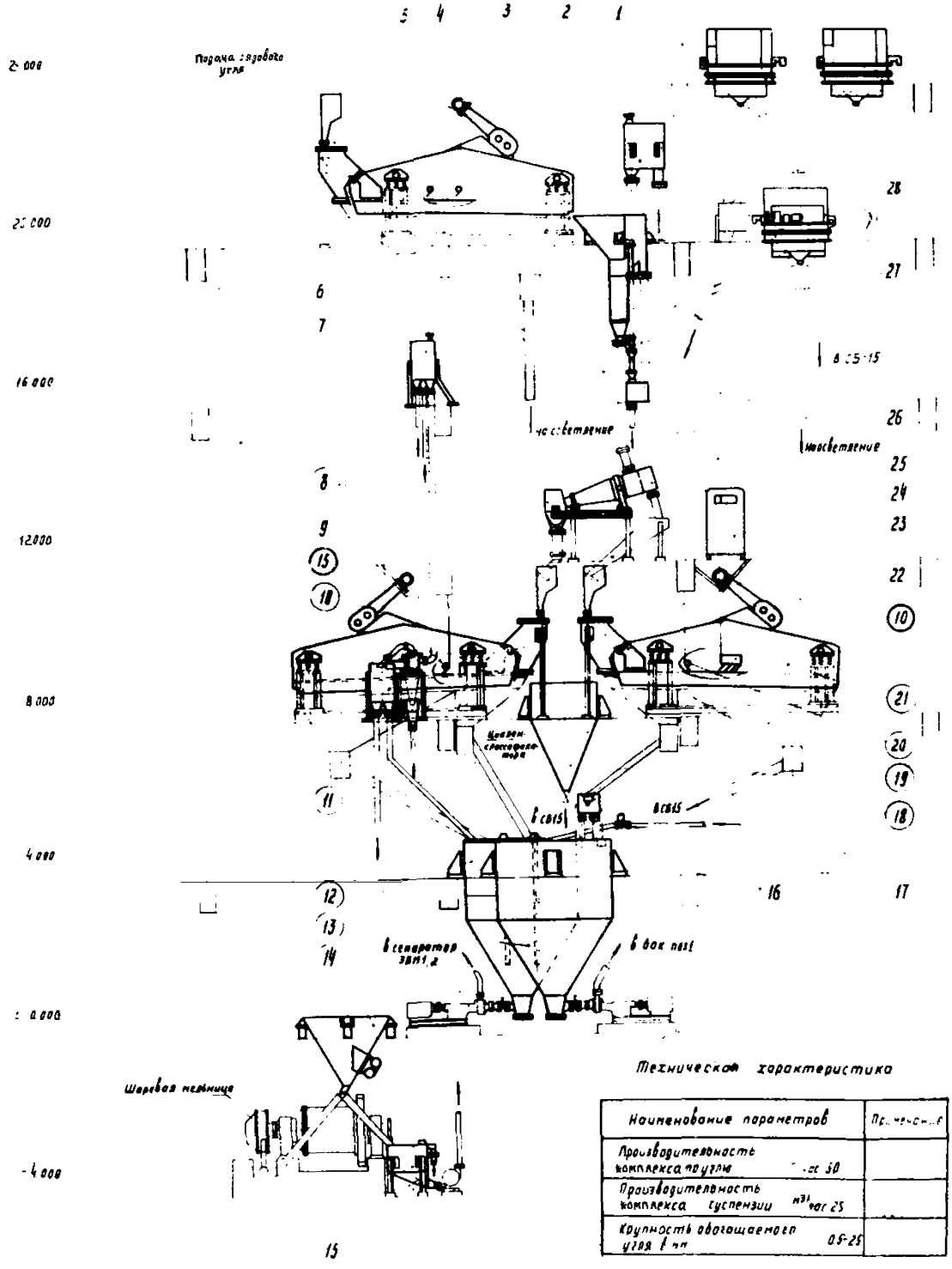
2. Смеситель угля КГ 02:
   а) производительность по углю - 50 т/час, по пульпе - 250 $м^3$/час;
   б) габаритные размеры: длина - 1750 мм, ширина - 2400 мм, высота - 3250 мм;
   в) вес - 1680 кг

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 пульпе - 150 т/час, по твердому - 40 т/час;
   б) площадь фильтрующей части - 2,2 $м^2$;
   в) габаритные размеры: длина - 2212 мм, ширина - 1150 мм, высота - 2265 мм;
   г) вес - 1260 кг

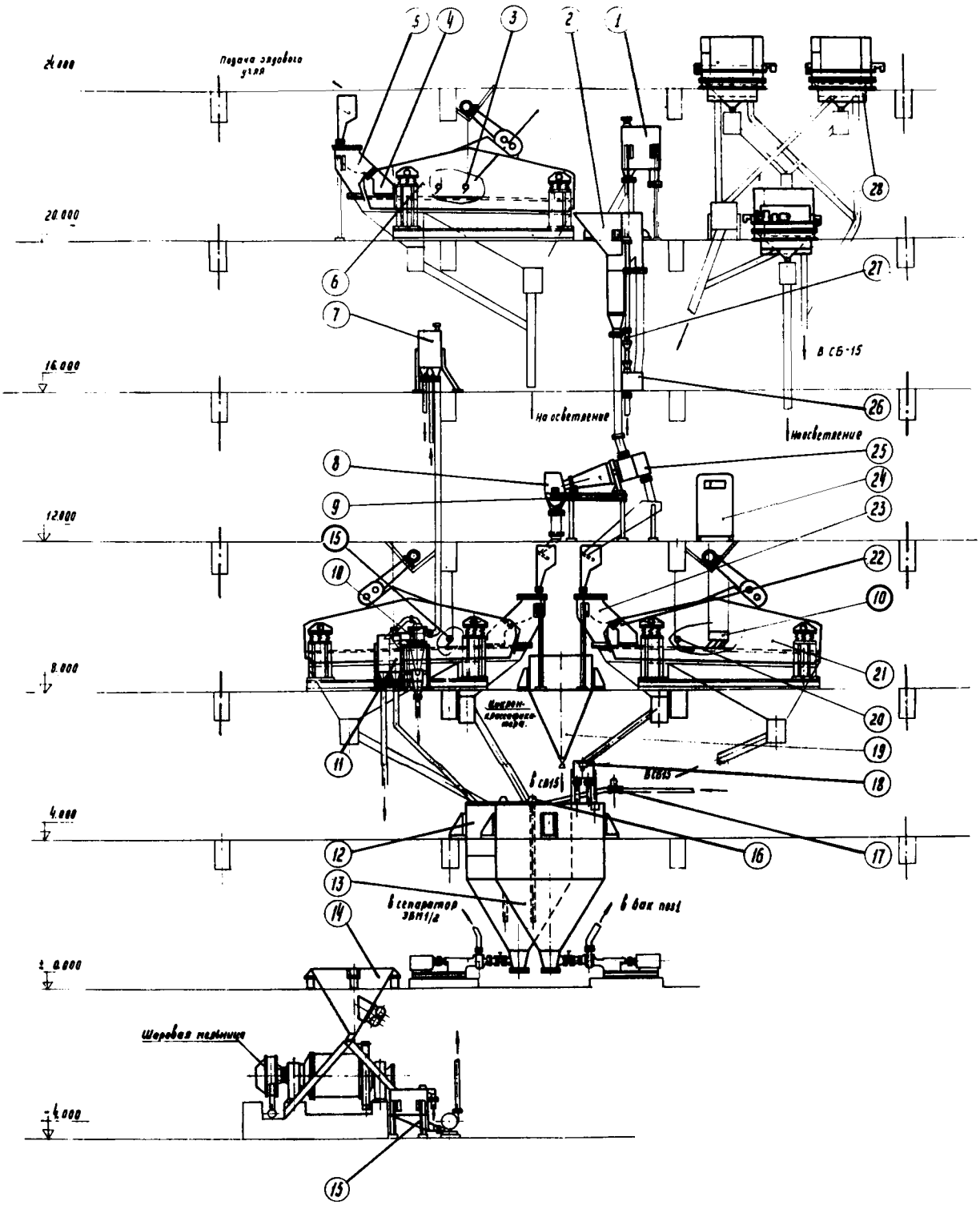
6. Грохот самобалансный ГСЛ 62:
   а) площадь сита - 10 $м^2$;
   б) мощность электродвигателя - N = 20 квт;
   в) габаритные размеры: длина - 5532 мм, ширина - 2980 мм, высота - 2280 мм;
   г) вес - 9015 кг



Технической характеристика

Наименование параметров	Показатели
Производительность комплекса по углю т/час 30	
Производительность комплекса суспензии м³/час 25	
Крупность обогащаемого угля мм 0,5-25	

Комплекс оборудования гидроциклонной установки



Техническая характеристика

Наименование параметров		Примечание
Производительность комплекса по углю,	т/час 50	
Производительность комплекса по суспензии,	м³/час 250	
Крупность обогащаемого угля, в мм	0.5÷25	

					Комплекс оборудования гидроциклонной установки	К 20 000
						0

7. Делитель свежей суспензии КГ 07:
   а) емкость - 0,33 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 дивневое 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 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

I5. Зумпф свежей суспензии КГ I3:
   а) емкость - I,3 $м^3$;
   б) габаритные размеры: длина - I490 мм, ширина - I350 мм, высота - I260 мм;
   в) вес - 545 кг

I6. Установка датчиков КГ-I4

I7. Кран регулирования РКМ 3, каталог 0708I-0I

I8. Делитель суспензии АРПС 3А

I9. Резервуар свежей суспензии КГ_I5:
   а) габаритные размеры: длина - 2200 мм, ширина - 2200 мм, высота - 2880 мм;
   в) вес - IIIO кг

20. Брызгало веерное КГ 03

2I. Грохот ГСЛ-42 самобалансный:
   а) площадь сита - 7,5 $м^2$;
   б) мощность электродвигателя N=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 - I632 мм, ширина - 690 мм, высота - 750 мм;
   б) вес - 200 кг

23. Сито дуговое КГ 05 В=I500:
   а) производительность по пульпе - I00 т/час по твердому 30 т/час;
   б) площадь фильтрующей части - I,65 $м^2$;
   в) габаритные размеры: длина - I7I2 мм, ширина - II50 мм, высота - 2265 мм;
   г) вес - 970 кг

24. Авторегулятор плотности суспензии АРПС3А
станция управления:
а) пределы регулирования I-+ 2,4 г/см^3;
б) точность регулирования - 0,005 г/см^3
в) габариты станции управления: длина - 600 мм, ширина - 475 мм, высота - I750 мм;
г) вес - 285 кг

25а. Гидроциклон Ц-0I Ø 630:
а) производительность максимальная: по пульпе - 240 м^3/час, по углю - 65 т/час;
б) крупность обогащаемого угля - 0,5-25 мм;
в) габаритные размеры: длина - 870 мм, ширина - 770 мм, высота - 2442 - 2425 мм;
г) вес - II23 кг.

25. Гидроциклон каскадный трехпродуктовый ГК:
а) производительность максимальная: по пульпе 250 м^3/час, по углю - 60 т/час;
б) крупность обогащаемого угля 0,5-25 мм;
в) внутренние диаметры I и II ступени 630/500 мм
г) габаритные размеры с рамой: длина 2600 мм, ширина I800 мм, высота - 2000 мм;
д) вес 2752 кг

26. Сборник слива суспензии АРПС 3А

27. Авторегулятор плотности суспензии АРПС 3А
Датчик дифференциальный

28. Сепаратор электромагнитный ЭБМ I/2:
а) оптимальная производительность I30 т/час;
б) максимальная производительность по магнетиту 35 т/час;
в) диаметр барабана - 600 мм.
г) мощность электродвигателя N = I,7 квт
д) габаритные размеры: длина - 2200 мм, ширина - 2I00 мм, высота - I800 мм;
е) вес - 34I6 кг

29. Насосы для перекачки магнетитовой суспензии:
а) производительность - 400 м^3/час;
б) полный напор - 30 м.

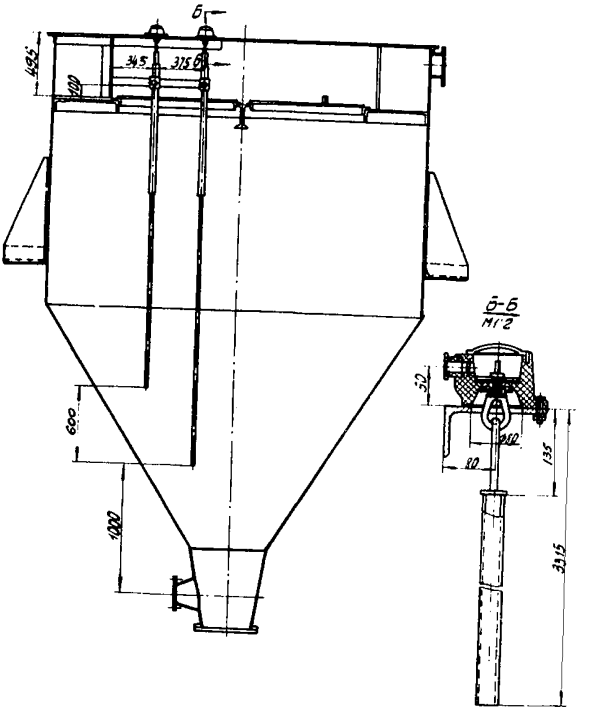
30. Мельница шаровая ШР-2:
    а) диаметр барабана - 1200 мм;
    б) внутренний объем барабана - 1,15 $м^3$;
    в) производительность 1,86-0,37 т/час;
    г) габаритные размеры: длина -3800 мм, ширина - 2380 мм; высота - 2045 мм; д) вес - 10720 кг

31. Гидроциклон-классификатор Ø 350:
    а) производительность по пульпе - 80-90 $м^3$/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 ГСЛ-42.

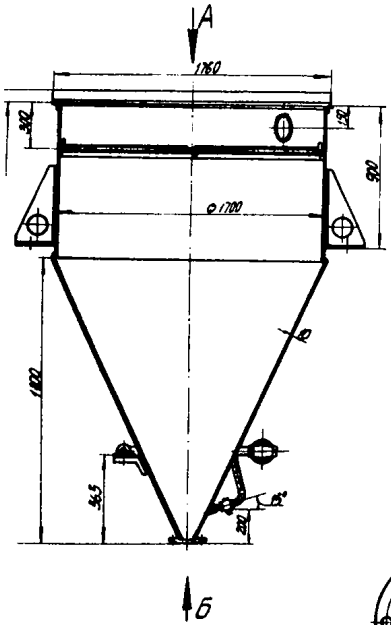
2. Для гидроциклонной установки производительностью 100 т/час:
    а) устанавливаются два двух или трехпродуктовых гидроциклона;
    б) смеситель КГ-02 заменяется смесителем КГТ 01, имеющим два выходных патрубка;
    в) увеличивается в соответствии с нагрузкой количество дешламационных и обезвоживающих грохотов.



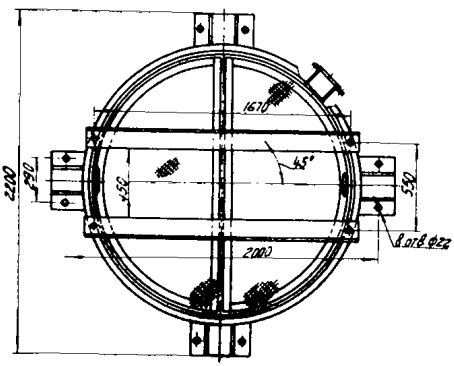
Длина электродов, мм	2980
" — " — " — "	3180
Вес, кг	50

Составлено по материалам института Гипронашугтеплообогащение, г. Луганск чертеж КГ04.000

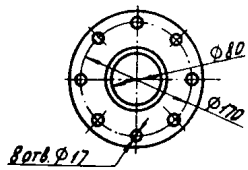
Установка датчиков	Всего листов 1 лист 1



Вид по А



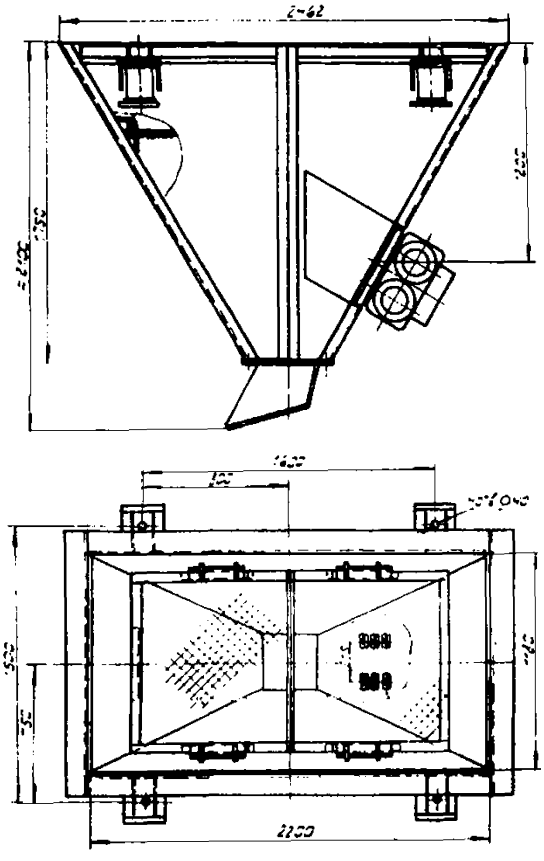
Вид Б



Емкость резервуара, м³	3,7
Вес резервуара, кг	1140
Диаметр проходящих патрубков воздуха, мм	20
Отношение передаточных для смешивания суспензии, кгс/см²	4,5-5,5

Составлено по материалам института Гипромашуглеобогащение, г. Луганск чертеж кг. 15.000

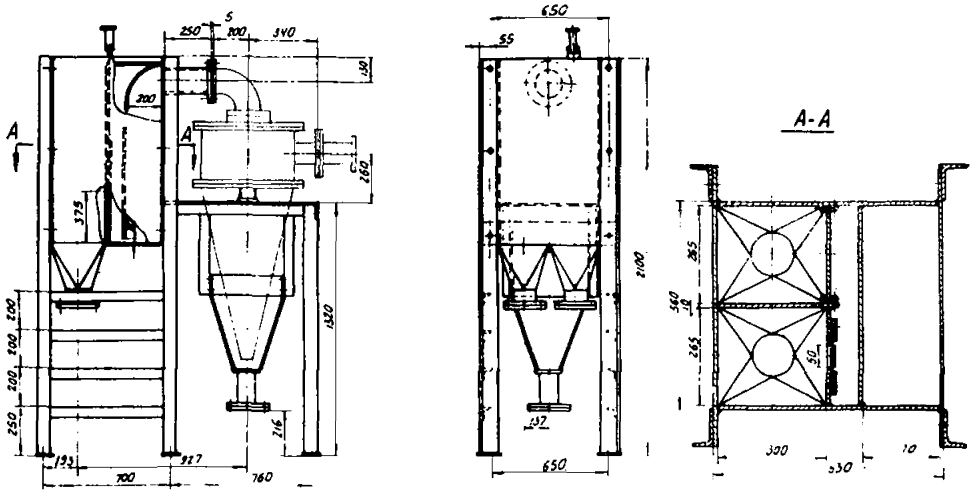
Резервуар свежей суспензии	Вспомогательный



Емкость бункера м³	2	
Расчетная амплитуда колеб. мм	047-00	
Вибратор С-788		
напряжение, в	220, 380	
Кол-во эл. двигателей, шт	2	
Соединение для обмотки с Y		
мощность одного эл. двигателя квт	2	
Возмущающая сила, кг	4000	
частота колебаний кол. мин.	2800	
Вес бункера с магнетитом при насыпном весе 2 т/м³ и	≈ 8	
Динамические нагрузки на [illegible]		
а в вертикальном направлении кг	61,5	
б в горизонтальном направлении кг	35,6	
Вес вибробункера кг	976	

Составлено по материалам института Спромашуглеобогащение г. Луганск чертеж КГ 12 000

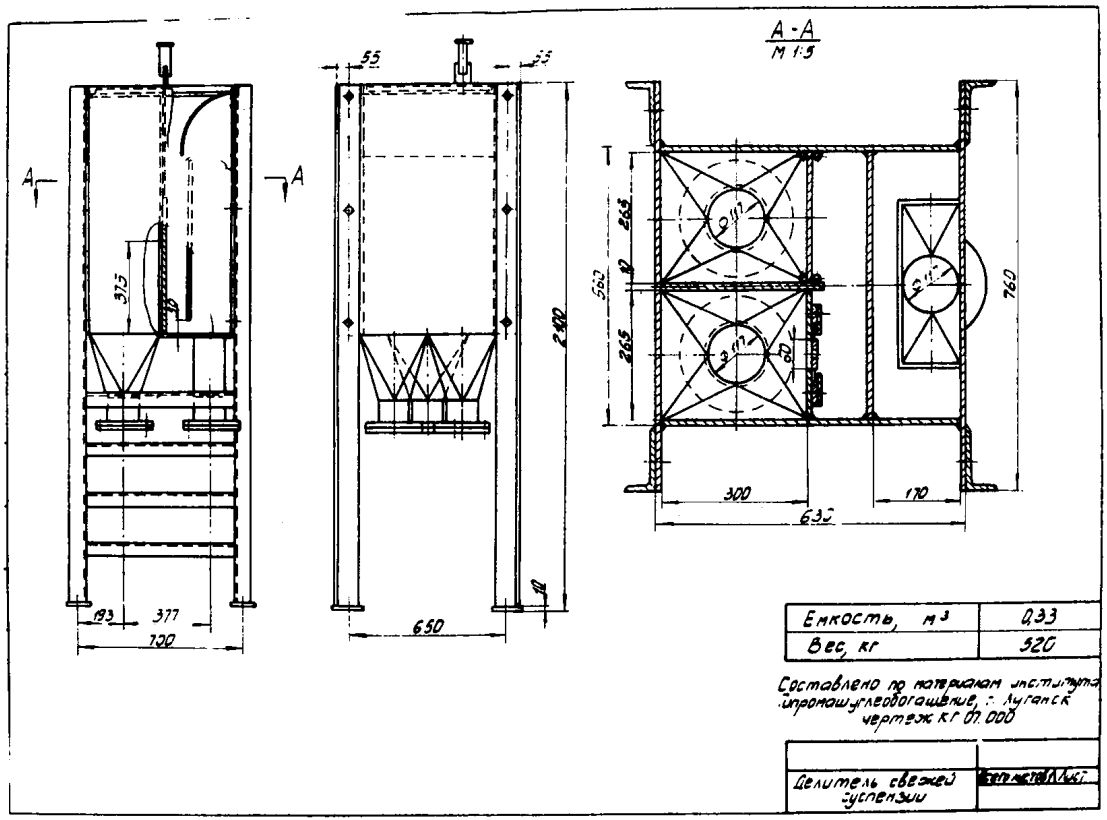
Вибробункер	Всего листов	Лист

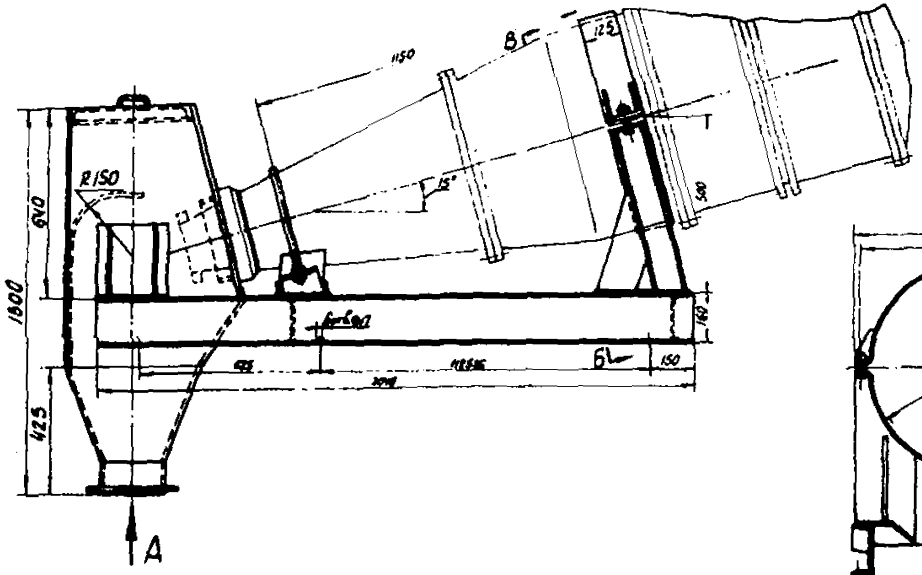


Емкость,	$м^3$	0,33
Вес	кг	615

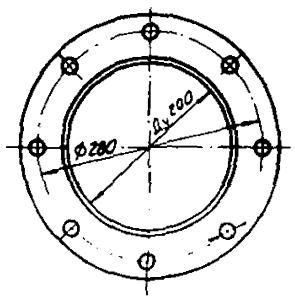
Составлено по материалам института Гипромашуглеобогащение г. Луганск чертеж КГ 11. 000.

Делитель слива классификатора	Всего листов 1 Лист


А-А
М 1:5
55
55
375
10
2400
10
193
377
700
650
560
265
265
760
300
170
630
Емкость, м³
0,33
Вес, кг
520
Составлено по материалам института Гипромашуглеобогащение, г. Луганск
чертеж кг 07.000
Делитель свежей суспензии



Вид А

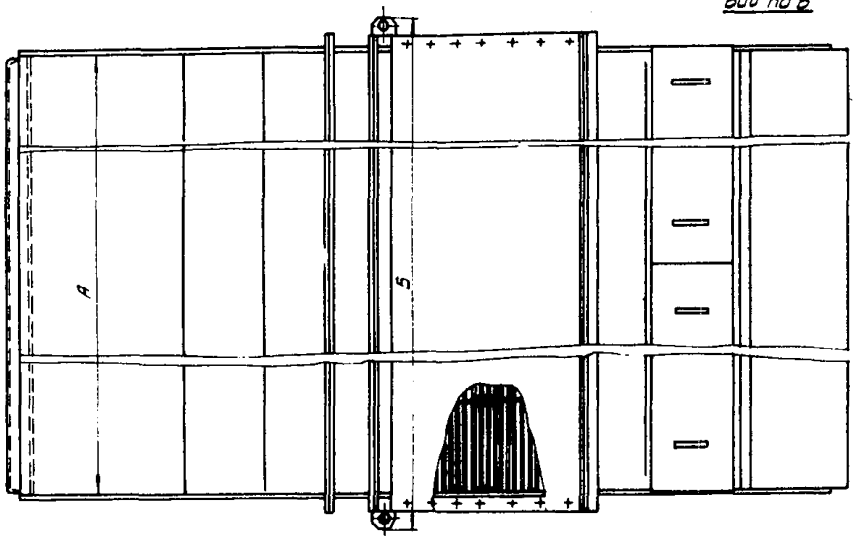


Общий вес	кг	405

Составлено по материалам института Гипромашуглеобогащение г. Луганск чертеж КГ.08.000 и КГ.09.080

Воронка приемная Рама под гидроциклон	Всего листов	Лист

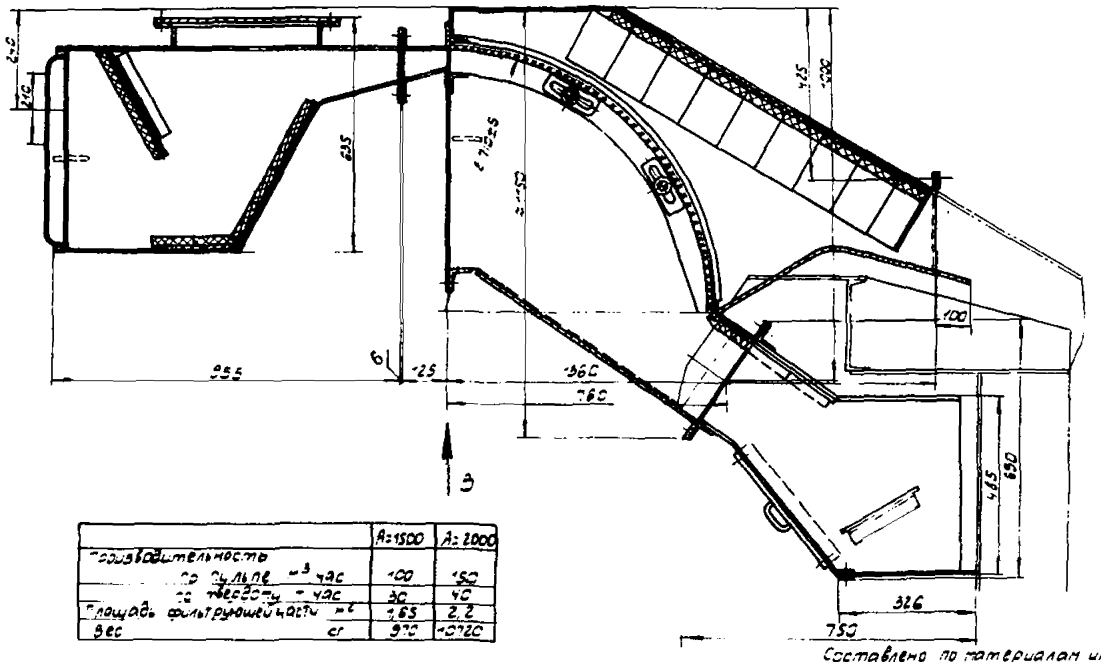
Вид по В



А	Б
1500	1710
2000	2210

Составлено по материалам института Гипромашуглеобогащение г. Луганск чертеж КГ. 05. 000

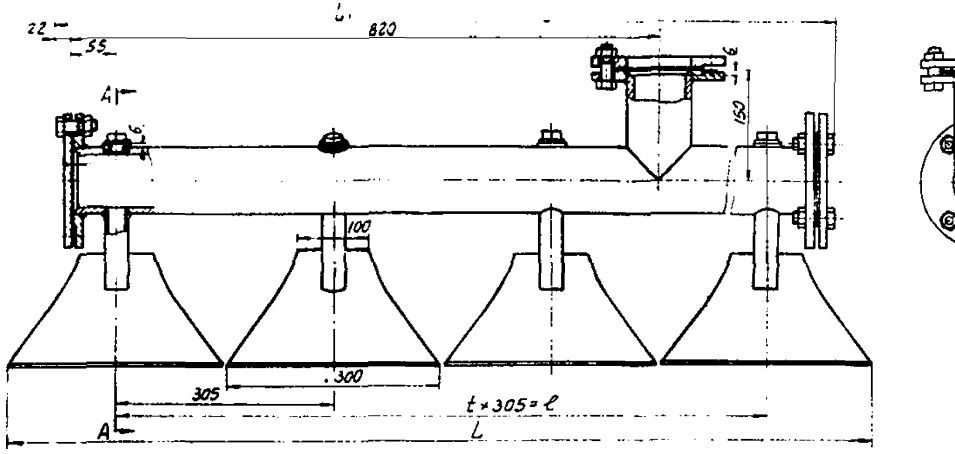
Сито дуговое А= 1500; Б= 2000	[illegible]

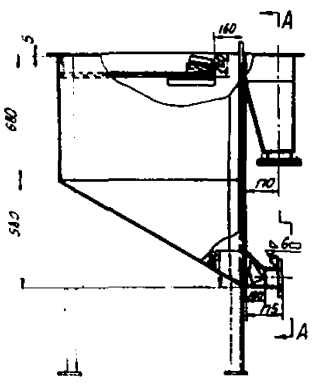


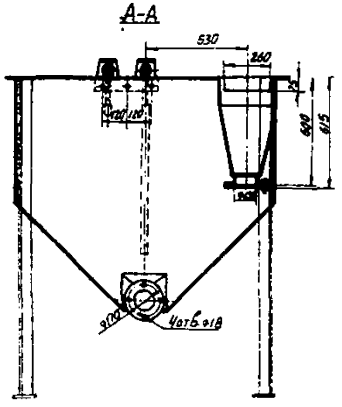
	A=1500	A=2000
Производительность по сыпле $м^3$/час	100	150
по твердому т/час	30	40
Площадь фильтрующей части $м^2$	1,65	2,2
Вес кг	970	1070

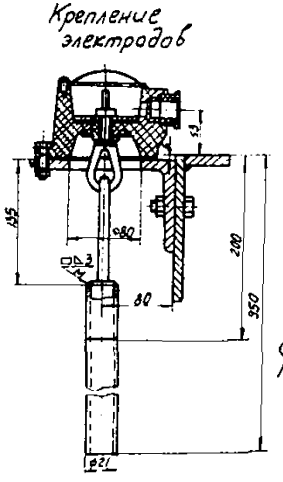
Составлено по материалам института Гипромашуглеобогащение г. Луганск чертеж сг.05.000

Сито дуговое A=1500, A=2000	Всего листов 6 Лист 1









Брызгало ливневое

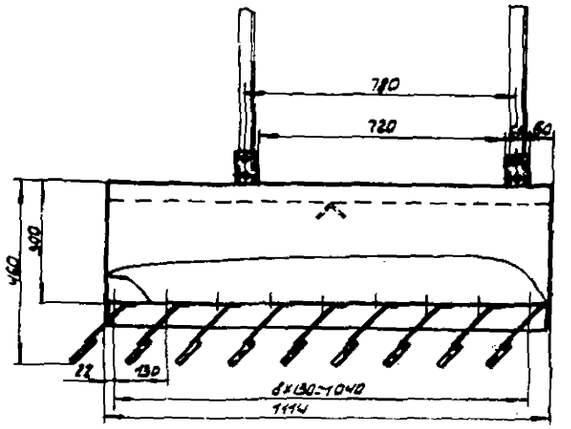
Вес	6 кг	125

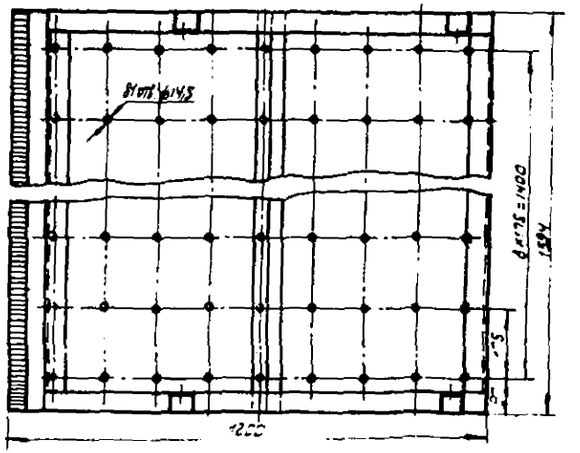
Зумпф свежей суспензии

Емкость,	м³	1,3
Вес,	кг	545

Составлено по материалам института Гипромашуглеобогащение г. Луганск чертежи КГ 10.000 и КГ 13.000

Брызгало ливневое Зумпф свежей суспензии	Всего листов 1 Лист 1

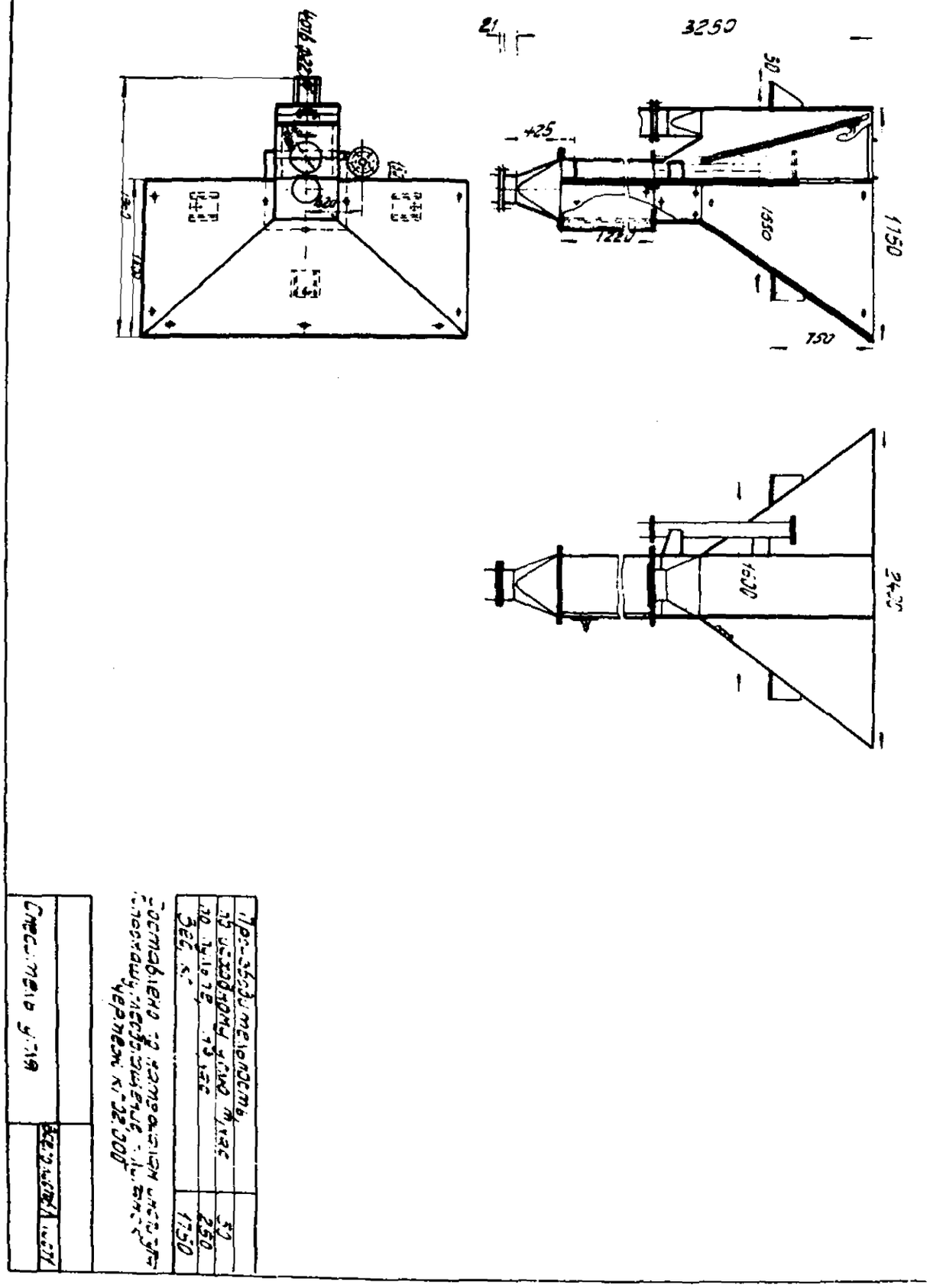




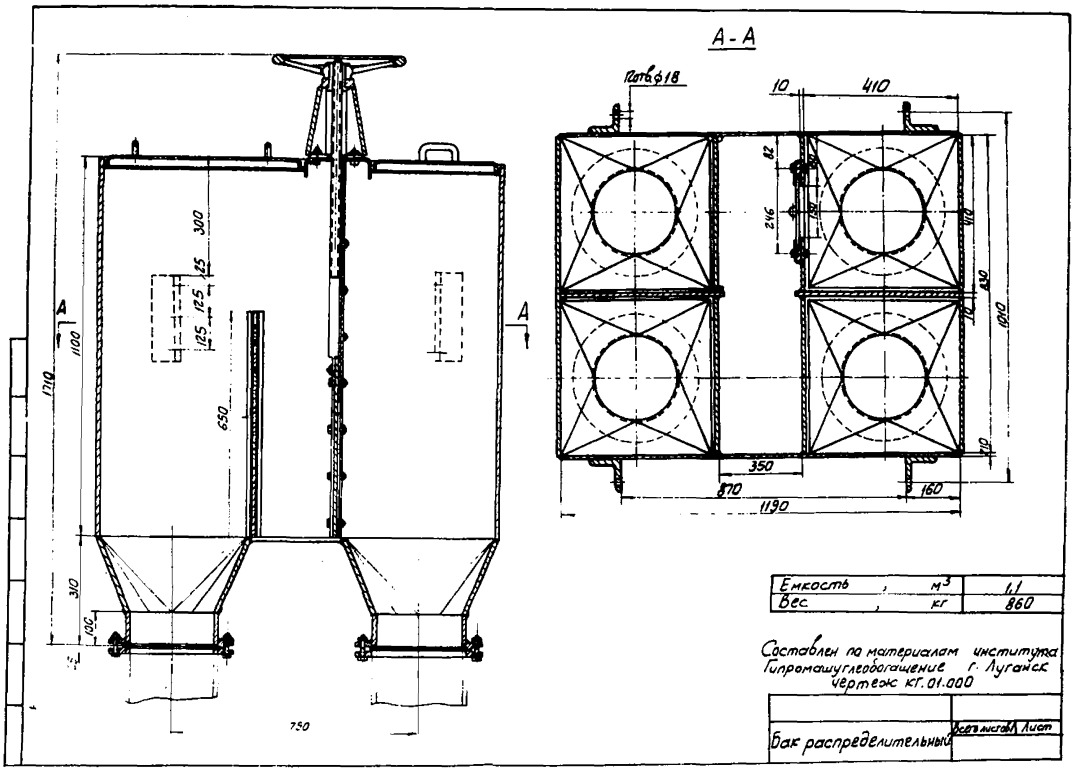
Вес брызгала кг	12,5

Составлено по материалам института Гипромашуглеобогащение г. Луганск чертеж КГ. 10. 000

Брызгало дивневое	Всего листов 1 Лист 1



69


А - А
Пот.ф18
10
410
82
246
410
830
1010
210
350
870
160
1190
300
25
125
125
650
1100
1710
310
100
750
А
А
Емкость , м³ 1,1
Вес , кг 860
Составлен по материалам института Гипромашуглеобогащение г. Луганск чертеж кг. 01.000
Бак распределительный
Всего листов 1 Лист

В разработке рекомендаций принимали участие:

от УкрНИИУглеобогащения

Зам.директора, к.т.н. Коткин А.М.
Зав.лабораторией Земянский 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 Гипромашуглеобогащения

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

С О Д Е Р Ж А Н И Е

		Стр.
I.	Введение	3
II.	Рекомендации по применению гидроциклонов-сепараторов для обогащения угольной мелочи в магнетитовой суспензии	6
III.	Технологические схемы гидроциклонных установок	6
IУ.	Выбор технологического оборудования и нормативы для его расчета	27
У.	Расчет параметров рабочей суспензии и требования к утяжелителю	38
УI.	Расчет систем циркуляции рабочей и разбавленной суспензии	39
УII.	Расчет ожидаемых результатов обогащения. .	42
УIII.	Расчет экономической целесообразности применения гидроциклонов с тяжелой суспензией	48
IX.	Комплекс оборудования гидроциклонной установки	53

Институт горючих ископаемых

Подписано в печать 28-УШ-67 г. Объем 4,75 печ.л.
Тираж 150 экз. Заказ 121

Ротопринт ИГИ - г. Москва

gost.e-ecolog.ru