

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»**

На правах рукописи



КОРЯКИН АРТЕМ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ
ОЧИСТКИ ШЛАМОХРАНИЛИЩ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК
ГИДРОЭЛЕВАТОРНЫМИ ЗЕМСНАРЯДАМИ**

Специальность 2.8.8 – «Геотехнология, горные машины»

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук
В. С. Федотенко

Кемерово – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИДРОСМЕСИ ШЛАМОХРАНИЛИЩ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК, ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИХ ОЧИСТКИ	11
1.1 Современное состояние и перспективы углеобогащения в Кузбассе, технология и технические средства для разработки и перемещения гидросмесей, намытых в шламохранилищах и основные направления повышения эффективности их работы и снижения негативного влияния на окружающую среду	11
1.2 Разработка и перемещения гидросмесей пород и добыча полезных ископаемых традиционными средствами гидромеханизации	18
1.2.1 Разработка и перемещение гидросмесей пород и полезных ископаемых землесосным снарядом	18
1.2.2 Разработка пород гидромониторно-землесосным комплексом	21
1.2.3 Гидромониторно-землесосный комплекс с применением экскаваторного рыхления	23
1.3 Совместная разработка пород гидромониторным размывом и землесосным снарядом.....	24
1.4 Разработка обводненных запасов песчаногравийных месторождений строительных материалов гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М, его устройство и параметры	26
Выводы по главе 1. Цель, задачи исследования	35
ГЛАВА 2 МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ШЛАМОХРАНИЛИЩ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК	39
2.1 Методический подход к обоснованию параметров технологии очистки шламохранилищ гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М	39
2.2 Обоснование основных параметров технологии очистки шламохранилищ гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М	43

2.2.1 Горнотехнические условия и организация работы водношламового хозяйства углеобогажительных фабрик Кузбасса.....	43
2.2.2 Расчет производительности земснаряда УГБ-2М при очистке шламохранилищ углеобогажительных фабрик	49
2.2.3 Блок-схема алгоритма расчета параметров системы гидротранспорта и производительности гидроэлеваторных земснарядов УГБ-2М при очистке шламохранилищ углеобогажительных фабрик	57
2.3 Исследование влияния горнотехнических условий на производительность гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М при очистке шламохранилищ.....	60
2.4 Определение эмпирических зависимостей производительности гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М в зависимости от расстояния транспортирования гидросмеси и геодезической высоты её подъема при различных диаметрах трубопровода.....	97
Выводы по главе 2.....	106
ГЛАВА 3 НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ШЛАМОХРАНИЛИЩ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОЭЛЕВАТОРНОГО ЗЕМСНАРЯДА И МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕЕ ПАРАМЕТРОВ.....	108
3.1 Новая технология очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик и условия ее функционирования	108
3.2 Блок-схема алгоритма расчет параметров новой технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов и ее оптимизации	115
3.3 Параметры новой технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда для горнотехнических условий шламохранилища ОФ «Черниговская».....	119
Выводы по главе 3.....	125
ГЛАВА 4 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ РАБОТЫ ВОДНОШЛАМОВОГО КОМПЛЕКСА ОФ «ЧЕРНИГОВСКАЯ» С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОЭЛЕВАТОРНОГО ЗЕМСНАРЯДА	126

4.1 Современное состояние водошламового комплекса гидротехнических сооружений ОФ «Черниговская» и анализ эффективности его работы.....	126
4.2 Рекомендации по совершенствованию технологии очистки шламохранилища углеобогатительной фабрики гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М в условиях работы водношламового комплекса гидротехнических сооружений ОФ «Черниговская»	133
4.3 Расчет основных технико-экономических показателей предлагаемой технологии очистки шламохранилища ОФ «Черниговская» при применении гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М.....	136
Выводы по главе 4.....	144
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	147
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	150
ПРИЛОЖЕНИЕ А Справка о внедрении результатов исследования.....	15858

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Основная нагрузка по добыче угля в РФ приходится на Кемеровскую область, доля которой составляет 48% от объема добываемого в России угля, в результате чего в зоне действия промышленных объектов, связанных с разработкой угольных месторождений, площадь нарушенных земель в настоящее время увеличилась до 100 тысяч га.

Интенсивное строительство обогатительных фабрик (ОФ) в Кемеровской области - Кузбассе связано, прежде всего, с требованиями потребителей к качеству углей, что обуславливает перспективные темпы развития переработки угля.

В последнее время из-за повышения зольности добываемых углей и, иногда, несовершенства технологии его извлечения из недр, содержание мелких фракций в хвостах обогащения заметно увеличилось, а возможности использования действующих отстойников оказываются уже недостаточными. В шламохранилищах Кемеровской области - Кузбасса уложено более 30 млн. т отходов углеобогащения, которые загрязняют окружающую среду, занимают большие территории и подлежат утилизации после заполнения шламохранилищ.

Анализ технологии и оборудования, применяемых для разработки шламов из шламохранилищ углеобогаательных фабрик, выявил их низкую эффективность и несоответствие свойствам разрабатываемых пород. При этом до сих пор не предложено научно обоснованных рекомендаций по расчету параметров технологии очистки шламохранилищ. Исследования по обоснованию технологии и оборудования для безопасной и эффективной разработки угольных шламов, намытых ранее в шламохранилище, должны базироваться на передовом опыте разработки и перемещения неконсолидированных пород способом гидромеханизации. Следовательно, обоснование параметров технологии очистки шламохранилищ углеобогаательных фабрик гидроэлеваторными земснарядами является актуальной научно-практической задачей.

Степень разработанности темы исследования

В связи с тем, что основой применяемых технологий является гидромеханизация, причем ее работа, учитывая климатические условия, является сезонной, а процесс обогащения круглогодичным, главным элементом шламового хозяйства является шламохранилище. В нем накапливаются хвосты обогащения за весь холодный период года, а в летний сезон средствами гидромеханизации он перемещается на карты фильтрации и утилизируется. В настоящее время, из-за невыполнения в первую очередь вышеуказанного условия, площадь шламохранилищ практически достигла критических, по экологическим понятиям, значений. Для решения этой задачи требуется внимательно изучить опыт гидромеханизации, которая, особенно в Кемеровской области - Кузбассе, хорошо зарекомендовала себя при проведении гидровскрышных работ. Ее методические и теоретические основы были созданы в результате исследований ряда ученых: докторов технических наук: Г.А. Нурок, А.П. Юфина, А.И. Харина, В.Ф. Хныкина, Н.Д. Холина, В.И. Шелоганова, И.Б. Шлайна, И.М. Ялтанца, Е.А. Кононенко, Н.И. Бабичева; кандидатов технических наук: И.Ф. Литвина, М.С. Подгорного, А.Т. Мироненко, В.В. Чаплыгина, Ю.И. Литвина и других.

Однако научных рекомендаций по эффективной и безопасной гидромеханизированной технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда выявить не удалось.

Цель работы заключается в обосновании параметров технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик гидроэлеваторными земснарядами, работающими на трубопровод, используемый попеременно как пульповод и водовод.

Идея работы заключается в том, что безопасная технология разработки и перемещения хвостов обогащения с применением гидроэлеваторных земснарядов может быть эффективно реализована путем выбора параметров земснарядов, соответствующих горнотехническим условиям эксплуатации с учетом физико-механических свойств разрабатываемых шламов.

Объектом исследований является технология гидромеханизированной разработки шламохранилищ углеобогачительных фабрик Кемеровской области - Кузбасса.

Предмет исследования: параметры технологии и технические средства ее реализации для различных горнотехнических условий.

Задачи исследования:

- проанализировать результаты научных исследований состава и физико-механических свойств хвостов углеобогащения, намытых в шламохранилищах ОФ, технологии и параметров технических средств гидромеханизации для разработки и перемещения гидросмесей и основных направлений повышения эффективности их работы и снижения негативного влияния на окружающую среду;

- разработать методологический подход к обоснованию параметров технологии очистки шламохранилищ гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М, позволяющий исследовать влияние горнотехнических условий на его производительность;

- разработать новую технологию очистки шламохранилищ углеобогачительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда и обосновать ее параметры в зависимости от физико-механических свойств хвостов углеобогащения.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

1. Методика определения условий, обеспечивающих устойчивую и безопасную работу гидроэлеваторного земснаряда, должна включать определение диаметра пульповода и расчет соответствующей ему величины производительности гидротранспортной установки для установления диапазона ее изменений в пределах зоны технического использования.

2. Расчет производительности гидроэлеваторных земснарядов УГБ-2М в границах зоны их технического использования должен производиться с использованием установленных зависимостей вида $Q_m = a - b \cdot H_z - c \cdot L$, где Q_m – производительность земснаряда по твердому, м³/ч; H_z – геодезическая высоты подъема гидросмеси, м; L – расстояние перемещения гидросмеси, м; а

коэффициенты a , b и c определяются в зависимости от диаметра пульповода и расстояния перемещения гидросмеси.

Научная новизна:

1. Разработан методологический подход к определению условий, обеспечивающих устойчивую и безопасную работу гидроэлеваторного земснаряда при разработке хвостов обогащения в пределах зоны технического использования.

2. Установлена система уравнений, определяющая параметры процессов новой технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда при накоплении осветленной воды внутри водоема, на поверхности которого он перемещается и производит разработку пород из-под воды при отсутствии специального трубопровода для ее возврата (подпитки).

Теоретическое значение работы. Разработан алгоритм расчета параметров системы гидротранспорта и оптимизации параметров новой технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда, расширяющий границы применимости данной технологии. Разработаны и обоснованы эмпирические зависимости для прогнозирования изменения часовой производительности земснаряда по твердому (шламу) для каждого из технически возможных диаметров пульповода при переносе места выпуска гидросмеси и изменении расстояния ее перемещения или геодезической высоты подъема.

Практическое значение работы заключается в определении диапазона промышленного использования земснаряда УГБ-2М, установлении условий функционирования гидрокомплекса с учетом технических характеристик принятого оборудования, горнотехнических условий эксплуатации и физико-механических свойств шламов и разработке рекомендаций по совершенствованию системы водношламового комплекса гидротехнических сооружений ОФ разреза АО «Черниговец» с применением гидроэлеваторного земснаряда.

Методы исследований. В работе использован комплексный методический подход, включающий: обобщение сведений, содержащихся в научно-технической

и специальной литературе и анализ результатов выполненных ранее теоретических и экспериментальных работ по современным способам обустройства шламохранилищ углеобогачительных фабрик и применению гидромеханизированных технологий при открытой добыче полезных ископаемых; методы прикладной математики и математической статистики; технико-экономический анализ с использованием стоимостных параметров.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечиваются корректной постановкой задач исследований и использованием широкого диапазона апробированных научных методов исследований, включая применение основополагающих положений механики, гидравлики, гидромеханизации и математической статистики.

Личный вклад автора заключается в анализе и обобщении результатов исследований и опыта работы водношламового хозяйства углеобогачительных фабрик Кузбасса, исследовании физико-механических свойств хвостов обогащения угля, намытых в шламохранилища, изучения опыта применения гидромеханизированных технологий при открытой добыче полезных ископаемых, а также в проведении патентных изысканий по вопросам новизны предлагаемой в работе технологии очистки шламохранилища углеобогачительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда; в аналитическом исследовании взаимосвязи параметров технологии и горнотехнических условий работы; разработке алгоритма расчета системы гидротранспорта и оптимизации параметров новой технологии очистки шламохранилища углеобогачительных фабрик.

Апробация работы. Содержание и основные положения диссертационной работы неоднократно докладывались и обсуждались на научных конференциях: Неделя горняка 2022, 2024, 2025 (НИТУ МИСИС, Москва), Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «Россия молодая» 2022 (КузГТУ, Кемерово), 17 Международная научная школа молодых ученых и специалистов 2025 (ИПКОН РАН, Москва).

Публикации. Основные результаты диссертации изложены в 4 опубликованных работах в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 158 страницах, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 72 наименований, содержит 31 рисунок, 22 таблицы и одно приложение.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИДРОСМЕСИ ШЛАМОХРАНИЛИЩ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК, ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИХ ОЧИСТКИ

1.1 Современное состояние и перспективы углеобогащения в Кузбассе, технология и технические средства для разработки и перемещения гидросмесей, намытых в шламохранилищах и основные направления повышения эффективности их работы и снижения негативного влияния на окружающую среду

Государственная энергетическая политика РФ предусматривает увеличение на 100 млн. т. в год годовой добычи угля к 2030 г. и рост производительности труда в 5 раз. Планируется осуществление модернизации на основе полного обновления производственных мощностей и повышение уровня промышленной и экологической безопасности [44, 48].

За 2020 г. добыча угля в Кузбассе составила 220,7 млн. т, в том числе: открытым способом - 139 млн т; подземным – 81,7 млн. т. В добытом угле коксующихся марок -74,5 млн т; энергетических марок – 146,2 млн. т [53].

Основная нагрузка приходится на «Кемеровскую область, доля которой составляет 48% от всего угля, что добывается в России. В результате этого там уже сейчас в зоне действия промышленных объектов, связанных с разработки угольных месторождений, площадь нарушенных земель – природных комплексов и естественных ландшафтов увеличилась до 100 тысяч га [33].

Разрезы и шахты нарушили свыше 50 тыс. га земли, что в 10 раз больше, чем в среднем по России. Значительная доля добычи угля открытым способом в общем балансе (70%) и не всегда вовремя и качественно выполненная рекультивация нарушенных земель усугубляют проблему [42].

По данным статистической отчетности на 31.12.2014 г. в Кемеровской области площадь нарушенных земель составила 58,056 тыс. га, в т.ч. при разработке

месторождений полезных ископаемых – 53,255 тыс. га, при строительных работах – 2,001 тыс. га, при размещении промышленных и твердых бытовых отходов – 1,971 тыс. га [13, 32].

Немалую долю среди нарушенных земель Кемеровской области составляют золоотвалы, где ежегодно укладывается до 15 млн. т шлаков металлургических и других предприятий несмотря на то, что в настоящее время уже имеется целый ряд технологических решений, позволяющих их эффективно утилизировать. В отвалах накоплено около 40 млн. т золошлаковых смесей, причем не менее 20 млн. т. можно использовать в бетонах и растворах. [26]

Особое внимание потребители уделяет качеству угля. «В РФ Коксующийся уголь практически весь обогащается, а энергетический – только на 26%. Общий объем переработки угля в 2020 г. с учетом переработки на установках механизированной породовыборки составил 208,4 млн т (на 4,2 млн т, или на 2% ниже уровня 2019 г.). [53]

На обогатительных фабриках переработано 207,2 млн т (на 3,7 млн т, или на 1,7% меньше, чем годом ранее), в том числе для коксования – 100,4 млн т (на 2 млн т, или на 2,1% выше уровня 2019 г.). Выпуск концентрата составил 120,26 млн т (на 2,65 млн т, или на 2,3% больше, чем годом ранее), в том числе для коксования – 62,4 млн т (на 1,4 млн т, или на 2,3% выше уровня 2019 г.). Выпуск углей крупных и средних классов составил 18,4 млн т (на 0,36 млн т, или на 1,9% меньше, чем годом ранее), в том числе антрацитов – 2,43 млн т (на 271 тыс. т, или на 10% ниже уровня 2019 г.). Дополнительно переработано на установках механизированной породовыборки 1,14 млн т угля (на 0,54 млн т, или на 32,3% ниже уровня 2019 г.)». [53]

В Кузбассе происходит интенсивное строительство обогатительных фабрик и, в перспективе, переработка угля будет развиваться опережающими темпами и вопросы утилизации угольных шламов из хвостохранилищ потребуют должного к ним внимания.

Всего за 2020 год углеперерабатывающими предприятиями Кузбасса (обогатительные фабрики, обогатительные установки, сортировки) переработано

184,4 млн. т. угля – (92,6% к 2019 г). Доля перерабатываемого угля от добычи составила 83,5 %. [54] На обогатительных фабриках угольной отрасли было переработано 129,7 млн. т. (2019 г. – 134,8 млн. т.), из них коксующихся марок 73,8 млн. т. (2019 г. – 71,7 млн. т.). Угольного концентрата получено 80,4 млн. т. (2019 г. – 79,9 млн. т.), из них 51,1 млн. т. коксующихся марок. Энергетических углей на ОФ за 2020 год переработано 55,9 млн. т. Получено 29,3 млн. т. концентрата энергетического угля и 7,0 млн. т. углей крупного и среднего класса.

«Известно, что в результате обогащения углей образуются отходы – обводненные шламы и тонкие илы (мелкодисперсный и высокозольный продукт), в твердой части которых, кроме органического вещества углей, содержится от 30 до 80 масс. % минеральной части. Их влажность – содержание воды - до 50 масс. %, что затрудняет его использование.

Применяемая в настоящее время переработка угольных шламов, малоэффективна. Обычно часть воды угольного шлама, находящейся в шламовых водах на обогатительных фабриках, удаляется в пирамидальных отстойниках или в сгустительных воронках. Слив используется как техническая вода, возвращаемая в цикл обогащения. Сгущенный продукт обезвоживается на грохотах и осадительных центрифугах. Он добавляется к необогащенному отсеvu и используется в виде топлива, что не является рациональным применением этого продукта». [36]

В последнее время, из-за повышения зольности добываемых углей и несовершенства технологии его извлечения из недр, содержание мелких классов заметно увеличилось, а возможности использования механизированных отстойников оказываются уже недостаточными. Поэтому на обогатительных фабриках для шламов сооружаются шламонакопители. «В механизированных отстойниках улавливается крупный и менее зольный шлам (A_{11} до 30 масс. %), а в земляных - более мелкий, зольный ($A_{c1} > 30$ масс. %).

Анализ угольных шламов Кузбасса по крупности минеральной части можно разделить на три основных типа. Первый, в котором минеральную часть составляют частицы твердого размером менее 100 мкм (высокая зольность) и шлам

крупностью 100-400 мкм (низкая зольность). Такие шламы формируются на ЦОФ «Беловская», ОФ «Воргашорская», ЦОФ «Абашевская» (отстойники 1 и 2), ГОФ «Капитальная», ГОФ «Интинская», ЦОФ «Донецкая», шахты им. Кирова, погрузочной площадке ОФ АО «Обуховская». У шламов второго типа, разделение зольности определяется размером минеральной части 63 мкм, при этом превалирует содержание фракции минус 63 мкм, которая имеет высокую зольность. Такой тип характерен для шламов ГОФ «Судженская», ГОФ «Анжерская», ОФ «Спутник», продукты классификации в сгустителе ЦОФ «Шахтерская», шлам отстойников ОФ разреза «Черниговский», карт 3, 5, 7, пруда-охладителя ГОФ «Красногорская», флотохвосты ЦОФ «Кураховская», шлам (кек) ОФ разреза Красногорский, гидроотвал ш. Инская. У шламов третьего типа зольность относительно равномерно распределена по всем фракциям. Это шламы ОАО ЦОФ «Абашевская» (отстойник Старо-Байдаевский), карта №4 ГОФ «Красногорская», отстойники ЦОФ «Сердитянская», ЦОФ «Замчаловская», отходы флотации ЦОФ «Комсомолец», ГОФ «Тайбинская», ЦОФ «Дзержинская», ЦОФ «Никитовская»». [6]

«В шламохранилищах Кузбасса находится более 30 млн. т отходов углеобогащения (рисунок 1.1). [7] Они загрязняют окружающую среду, занимают большие территории и рано или поздно после их заполнения шлам придётся утилизировать. Следовательно, необходимо исследовать существующие способы очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик и обосновать высокоэффективную технологию разработки и перемещения отходов обогащения мобильными техническими средствами для их дальнейшей переработки и утилизации.

На углеобогажительных фабриках получили широкое применение шламохранилища (рисунок 1.2), куда сбрасываются отходы флотации, илистые шламы, а также складировются твердые частицы (хвосты) и осветляется вода для повторного использования в технологических процессах».



Рисунок 1.1 – Намыв шламов в шламохранилище

«Шламохранилище размещается как можно ближе к ОФ. Желательно, чтобы его вместимость могла обеспечивать прием сбрасываемых с фабрики отходов флотации, илов в течение 10 лет.

В состав шламохранилища входят системы гидротранспорта загрязненных и осветленных вод, сооружения для приема и отвода атмосферных вод, ограждающие плотины, дамбы, водосборные сооружения». [14,15,16]

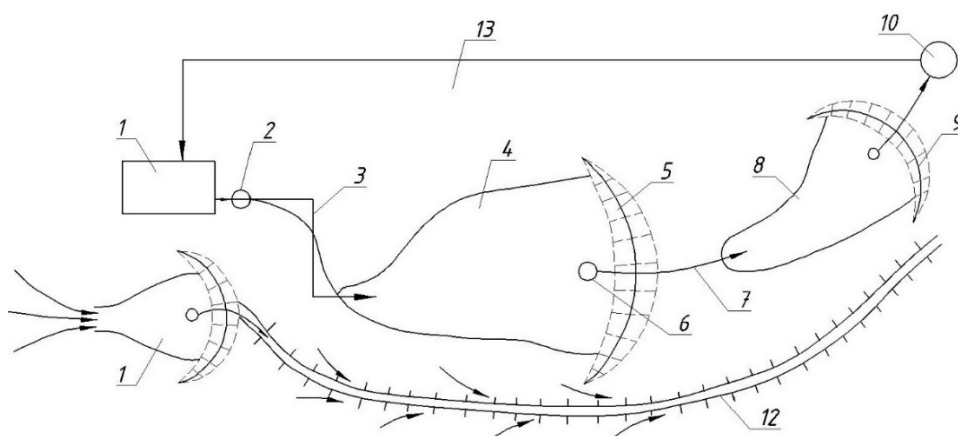


Рисунок 1.2 – Схема сооружения шламохранилища:

1 – обогатительная фабрика; 2 – насосная станция; 3 – пульповод; 4 – шламохранилище (пруд-отстойник); 5 – плотина; 6- водосборный колодец; 7 – донный водоспуск; 8 – пруд осветленной воды; 9 – плотина; 10 – насосная станция осветленной воды; 11 – пруд-аккумулятор осветленной воды; 12 – обводной канал; 13 – трубопровод осветленной воды

Шламохранилище 4 фактически является горизонтальным отстойником. Благодаря достаточно большим площадям (20–40 га) пульпа отходов флотации и илистых шламов хорошо осветляется, а осадок складывается в емкости.

Для аккумуляирования осветленной воды и более глубокого ее осветления служит вторичный отстойник (пруд осветленной воды 8), вблизи которого располагается насосная станция 10 для возврата осветленной воды на фабрику. В процессе эксплуатации попадание в шламохранилище атмосферных вод нежелательно. Поэтому там, где это необходимо, устраивают пруды-аккумуляторы атмосферных вод 11 и отводные каналы 12 для отвода атмосферных вод за пределы шламохранилища. Плотина 9 сооружается как обычно из местных грунтов, которые уплотняются при отсыпке.

Когда рядом с ОФ шламохранилище большой вместимости разместить не удастся, строится пруд-отстойник, который позволяет аккумулировать сбрасываемые отходы на период 1,5-2 года. В проектах при этом предусматривается строительство шламохранилищ больших объемов (на 20–25 лет работы фабрики), куда периодически перемещаются хвосты обогащения из пруда-отстойника. По мере заполнения твердым осадком первого шламохранилища сооружаются дополнительные емкости.

В подобных условиях функционирует ОФ «Черниговская», входящая в состав АО «Черниговец». Типичная для Кузбасса схема объектов водошламового хозяйства показана на рисунке 1.3. Шлам, в объеме около 200 тыс. куб. м в год, транспортируется в шламоприемную емкость, где происходит процесс его накопления, который длится, как правило, 8-9 месяцев.

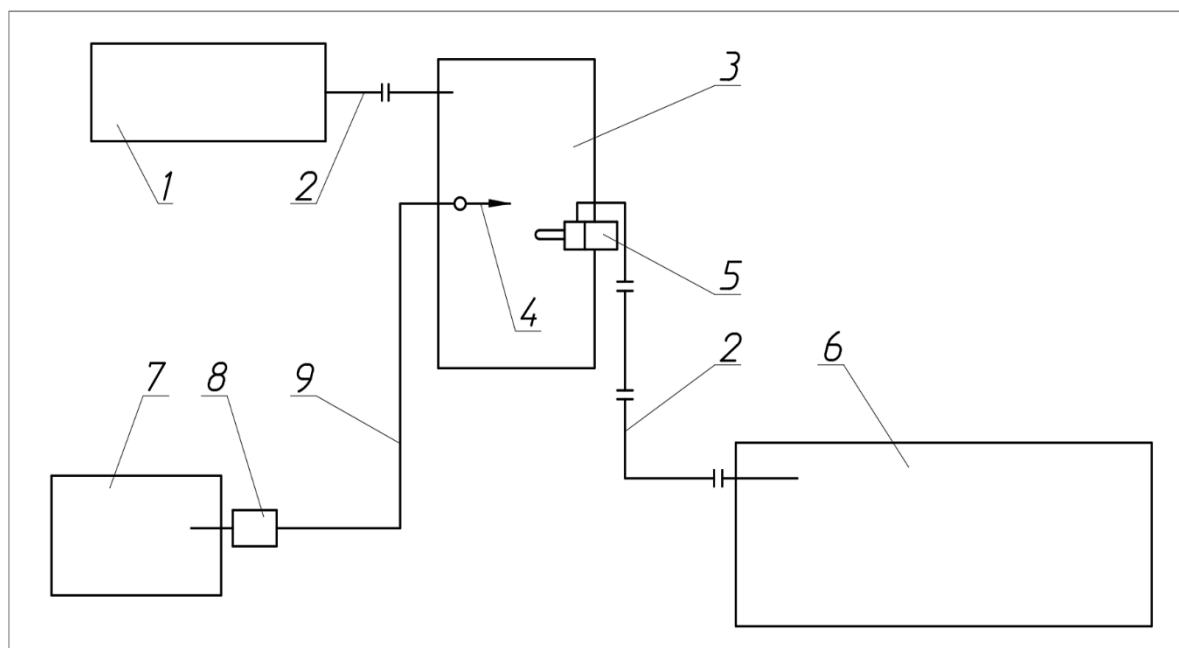


Рисунок 1.3 – Принципиальная схема обустройства водношламового хозяйства
ОФ «Черниговская»:

- 1 - обогатительная фабрика; 2 - пульповод;
- 3 - шламохранилище; 4 - гидромонитор;
- 5 - землесос; 6- Чесноковские карты намыва;
- 7 - пруд осветленной воды; 8 - насосная станция;
- 9 - трубопровод осветленной воды

В теплый период времени шламохранилище подвергается размыву с использованием гидромонитора ГМД-250, а землесосы ЗГМ-2м перекачивают углешламовую смесь по трубопроводу на шламовые карты, расположенные на отвале Чесноковский. На них происходит обезвоживание поступающей смеси, а после заполнения карты и ее последующего осушения, выполняются работы по очистке карты от шлама, его вывозка и складирование. После чего карта готова к приему очередной партии водошламовой смеси. Подача чистой воды, необходимой для создания давления на гидромониторе и получения необходимой по условию гидротранспортирования водошламовой смеси, поступает по трубам из водного объекта, расположенного вблизи отвала, принадлежащего филиалу «Кедровский угольный разрез» АО «Кузбассразрезуголь».

Характеристика складированного шлама: влажность 18%; зольность 20,7%. Состав водошламовой смеси 1:9 (10% шлам, 90% вода). Гранулометрический состав и зольность шлама приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Гранулометрический состав и зольность шлама.

№ п/п	Класс	Выход классов	Ad
1	мм	%	%
2	+0,5	10,4	13,2
3	0,3-0,5	3,9	14,9
4	0,2-0,3	9,4	15,5
5	0,1-0,2	12,6	22,2
6	-0,1	63,7	41,2
7	Итого	100	32,5

Следовательно, гранулометрический состав шлама свидетельствует об отсутствии крупных классов минеральных частиц, что, по сравнению с песчано-гравийными месторождениями, является большим преимуществом в плане его разработки и гидротранспортирования средствами гидромеханизации.

1.2 Разработка и перемещения гидросмесей пород и добыча полезных ископаемых традиционными средствами гидромеханизации

1.2.1 Разработка и перемещение гидросмесей пород и полезных ископаемых землесосным снарядом

Землесосный снаряд является плавучей землеройно-транспортирующей машиной непрерывного действия. Всё оборудование земснаряда – грунтовый насос, двигатель, всасывающий и напорный трубопроводы, плавучий пульпопровод, механизмы передвижения, вспомогательное оборудование монтируется на понтонах [1,40]. Он предназначен для разработки обводненных пород (или находящихся под слоем воды в естественных или искусственных водоёмах), формирования и транспортировки гидросмеси на карты намыва, в обогатительные установки или гидроотвалы. Схема устройства земснаряда представлена на рисунке 1.4.

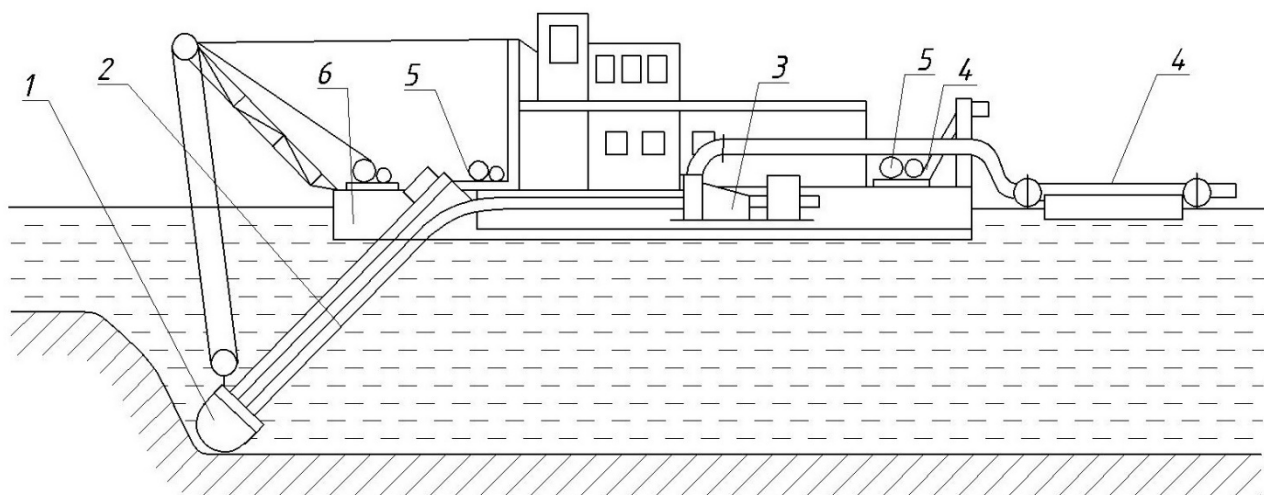


Рисунок 1.4 – Принципиальная схема землесосного снаряда.

1 – грунтозаборное устройство; 2 – всасывающий трубопровод; 3 – грунтовый насос; 4 – плавучий пульпопровод (на понтоне); 5 – лебедки для рабочих перемещений; 6 – корпус.

Землесосные снаряды применяются для добычи песчано-гравийных смесей (ПГС), подводной разработки пород гидравлическим способом, расчистки дна рек, дноуглубительных работ, а также с целью формирования и доставки гидросмеси к месту намыва территорий [2, 56].

Основными параметрами землесосного снаряда являются:

- производительность (подача) землесосного снаряда;
- напор, который способен развить грунтовой насос земснаряда (этот параметр характеризует расстояние, на которое может быть перемещена гидросмесь разработанных пород);
- максимальная глубина, с которой землесосный снаряд может извлекать грунт.

Чаще всего выбор того или иного типа землесосного снаряда для конкретной работы делают при разработке проекта производства работ (ППР). Его производительность определяют принятые сроки выполнения заданного объема работ. Одна и та же работа может быть выполнена в одинаковый срок машинами разной мощности, но будет соответственно изменяться число работающих машин. Для подбора землесосного снаряда, отвечающего данной конкретной обстановке, кроме производительности, необходимо учесть еще ряд факторов: дальность

транспортирования грунта, геометрическую высоту подъема, величины подводного и надводного забоя, ширину прорези, содержание в грунте крупнообломочных фракций и других включений, абразивные свойства грунтов, консистенцию пульпы. Кроме того, необходимо знать производительность земснаряда, максимальную глубину разработки грунта, ширину прорези, максимальный напор, развиваемый грунтовым насосом, род привода грунтового насоса; разрыхляющее устройство, папильонажное устройство, условия транспортирования к месту работы, основные требования к плавучему пульповоду.

При разработке глубоких котлованов и при условии, что есть возможность понижать уровень воды в котловане, работу можно вести в несколько ярусов. В этих случаях оптимальная глубина разработки земснарядом должна увязываться с глубиной одного яруса.

Так как в ряде случаев оказывается невозможным подобрать земснаряд с достаточным напором грунтового насоса, то приходится организовывать перекачивающие станции и, таким образом, соединять последовательно два или несколько грунтовых насосов.

Выбор мощности и типа разрыхляющего устройства непосредственно связан с характером грунтов, для разработки которых предназначен земснаряд.

Папильонированием называется рабочее перемещение землесосного снаряда в определенной последовательности, при которых обеспечивается постоянный контакт грунтоприемника с забоем и наиболее эффективный забор гидросмеси разрабатываемого грунта. Существуют две основные схемы рабочих перемещений землесосных снарядов: якорное (цепное) и свайное папильонирование.

Существует классификация грунтов по трудности их разработки землесосными снарядами, которая служит, кроме всего прочего, нормативным документом для установления одного из главных параметров данной технологии – удельного расхода воды [37,45]. Его величина определяет производительность земснаряда в зависимости от горнотехнических условий эксплуатации.

1.2.2 Разработка пород гидромониторно-землесосным комплексом

Гидромониторно-землесосным комплексом принято называть совокупность энергомеханического оборудования, предназначенного для гидравлической разработки и транспортирования горных пород на карьерах. Он включает насосно-гидромониторную и гидротранспортную установку [12].

Насосно-гидромониторная установка – система насосов и трубопроводов, осуществляющих подачу воды к гидромониторам (система водоснабжения) в совокупности с самими гидромониторами [54].

Гидротранспортная установка – система насосов, предназначенных для транспортирования гидросмесей (грунтовые насосы, землесосы) и трубопроводов, по которым гидросмесь перемещается от забоя до места складирования – гидроотвала, карт намыва и т.п. (система гидротранспортирования) [54].

Технологическая схема ведения гидровскрышных работ с применением гидромониторно-землесосного комплекса представлена на рисунке 1.5. В процессе разработки пород гидромонитором происходит постепенное увеличение расстояния от гидромонитора до забоя и снижение эффективности размыва пород. Для каждого типа разрабатываемых пород, в зависимости от давления (напора) воды, определено предельно допустимое удаление забоя от места расположения гидромонитора. Этот параметр принято называть L_p – длина рабочего участка струи гидромонитора. Именно рабочего участка, т.к. струя воды достигает забоя, но размыв пород происходит не интенсивно. В тот момент, когда расстояние между гидромонитором и забоем достигает величины L_p , открывают задвижку водовода резервного гидромонитора и закрывают задвижку на трубопроводе работающего, тем самым включают резервный гидромонитор и выключают рабочий (см. рисунок 1.5). Резервный гидромонитор становится рабочим, а рабочий – резервным. Рабочий гидромонитор продолжает подрезать забой, размывать обрушившуюся породу и формировать пульповодную канаву.

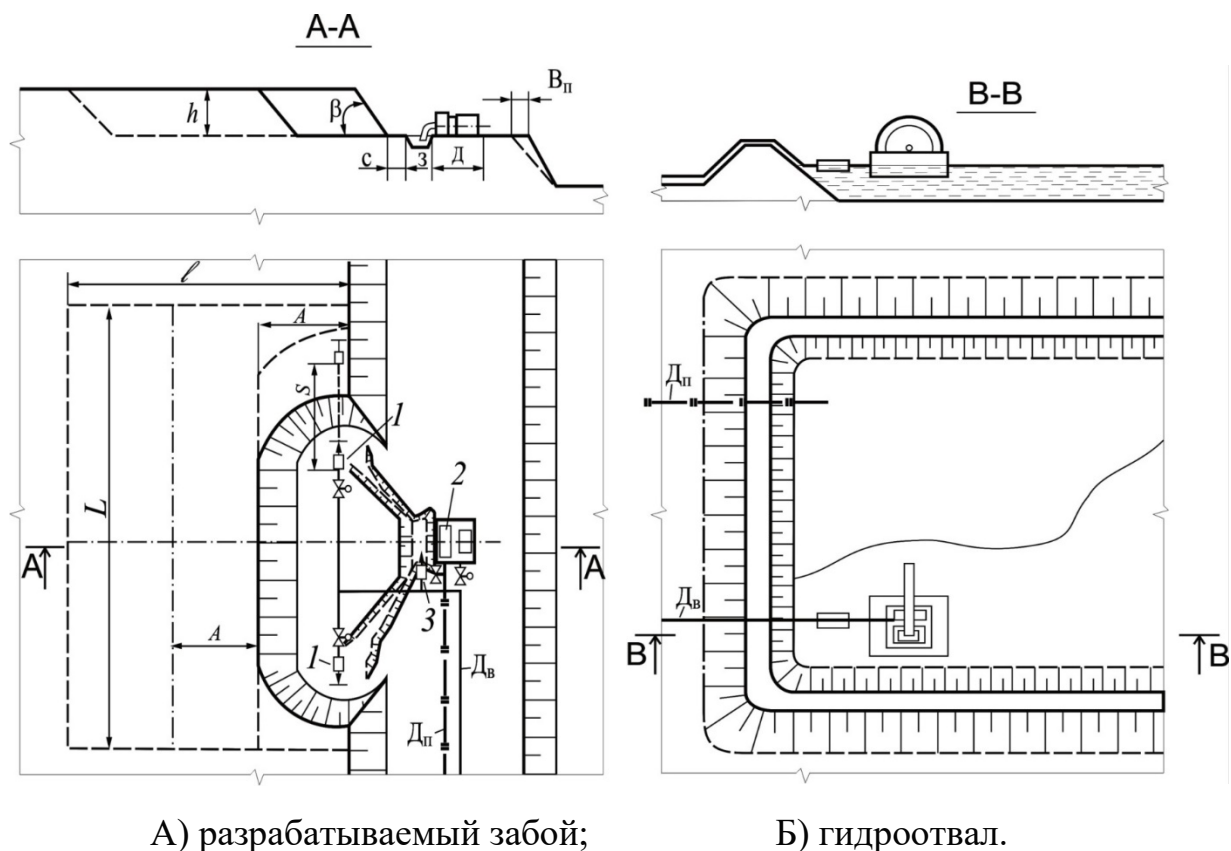


Рисунок 1.5 – Технологическая схема гидровскрышных работ с применением гидромониторно-землесосных комплексов

Ставший резервным гидромонитор отсоединяют от водовода, наращивают трубопровод и устанавливают ближе к забою на безопасном от него расстоянии (из-за возможного обрушения пород) [45]. Величина перемещения гидромонитора на новое положение называется шаг передвижки гидромонитора – S (см. рисунок 1.5).

Основными элементами системы разработки в данном случае являются: h – высота разрабатываемого уступа; A – ширина гидромониторной заходки; S – шаг передвижки гидромонитора; L – длина разрабатываемого блока; l – ширина разрабатываемого блока и $Ш_{рп}$ – ширина рабочей площадки. Величина ширины рабочей площадки рассчитывается по формуле [12,45]:

$$Ш_{р.п} = C + 3 + D + П + b_{п} + A, \quad (3.1)$$

где C – расстояние от нижней бровки разрабатываемого уступа до зумпфа землесосной станции, $C \approx 0,3h$, м; 3 – ширина зумпфа, $3 \approx 4-6$ м; D – ширина полосы, занимаемая землесосной станцией, $D \approx 6-8$ м; $П$ – ширина полосы для размещения

дополнительного оборудования и проезда вспомогательного транспорта, $L \approx 6$ м;
 $b_{\text{п}}$ - ширина полосы безопасности, м.

Ширина полосы безопасности зависит от призмы возможного обрушения и определяется свойствами пород и высотой нижележащего уступа.

На эффективность разработки пород гидромониторно-землесосными комплексами прежде всего влияют их физико-механические свойства. Распределение грунтов на группы по трудности разработки их гидромониторами согласно СНиП IV-5-84 приведены в [37,45].

1.2.3 Гидромониторно-землесосный комплекс с применением экскаваторного рыхления

Процесс подготовки глин к размыву механическим способом с применением экскаваторов заключается в обосновании параметров технологической схемы и системы водоснабжения гидромониторно-землесосного комплекса для обеспечения пульпоприготовления и гидротранспортирования того количества породы, которое разрабатывает (рыхлит) экскаватор. При этом известно, что нахождение разрыхленной породы в навале более 6 часов до момента размыва гидромониторной струей снижает эффективность рыхления на 80% [45]. На рисунке 1.6 приведена фотография экскаваторного рыхления «голубой земли» (породы, содержащей янтарь) перед гидромониторным размывом на карьере Калининградского янтарного комбината.



Рисунок 1.6 – Применение экскаваторного рыхления породы перед гидромониторным размывом

1.3 Совместная разработка пород гидромониторным размывом и землесосным снарядом

В соответствии с процессом сегрегации, происходящем при намыве гидросмеси, в гидроотвале формируются три основные зоны с определенным гранулометрическим составом и физико-механическими свойствами четвертичных вскрышных пород» [71,72]. Первой, непосредственно у дамбы, с которой проводился намыв, формируется зона песчано-супесчаных пород. За ней следуют соответственно вторая и третья зоны, где располагаются суглинистые и глинистые фракции вскрышных горных пород (рисунок 1.7).

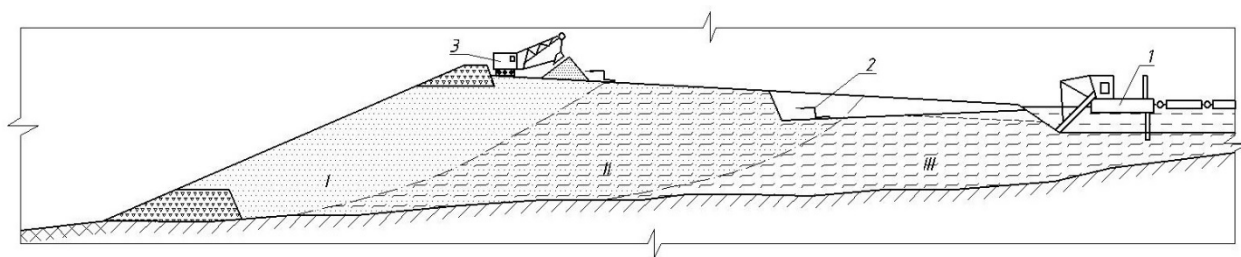


Рисунок 1.7 – Комплексная гидромеханизированная технология переформирования гидроотвала:

I; II; III - зоны намыва соответственно песчано-супесчаных, суглинистых и глинистых четвертичных вскрышных горных пород

Была доказана четкая зависимость механических характеристик пород от их физического состояния, которое характеризуется показателем их консистенции. Для отложений суглинистой зоны характерно постепенное снижение влажности с глубиной от 27 - 40 % (под зона текучих осадков) до 22 до 26 % (под зона туго пластичных пород). Также внутри под зоны происходит изменение и других параметров, характеризующих физико-механических свойства суглинистых пород – повышаются: плотность от 1.80- 1.92 до 2.00 - 2.02 т/м³, сцепление от 0.015 - 0.026 до 0,04 - 0,078 МПа, угол внутреннего трения от 14 – 23 до 22 град.

Исследования показали, что разработка обводненных неконсолидированных глинистых пород III - зоны намыва должна производиться землесосным снарядом, суглинистые и глинистые фракции II зоны намыва - путем гидромониторного размыва, а I-я зона песчано-супесчаных пород (включая породы пионерной насыпи и последующих дамб обвалования) - высоконапорной струей гидромониторов с предварительным экскаваторным рыхлением в навал, который (см. рисунок 1.7) [67-70].

Разработка, переукладка этих обводненных четвертичных пород и переформирование всего гидроотвала должны учитывать тот факт, что безопасность и экономичность ведения горных работ может гарантироваться только при применении комплекса гидромеханизированных технологий, каждая из которых предназначена для эффективной разработки пород определенных физико-механические свойств.

1.4 Разработка обводненных запасов песчаногравийных месторождений строительных материалов гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М, его устройство и параметры

В последнее время по целому ряду причин, особенно в Московской области, стало целесообразным не ограничивать глубину отработки песчано-гравийных месторождений уровнем грунтовых вод, т.е. условиями применения традиционной технологии (экскаваторной выемки на автотранспорт), а используя спецсредства осуществлять выемку обводненных запасов полезного ископаемого [2, 21, 55].

Для работы в подобных горнотехнических условиях в Московском государственном геологоразведочном университете (МГРУ) был разработан и успешно эксплуатировался на карьере Тучковского комбината строительных материалов (ТКСМ) гидроэлеваторный земснаряд УГБ-2М, именуемый как гидродобычная установка Бабичева (рисунок 1.8) [1, 2].



Рисунок 1.8 - Гидроэлеваторный земснаряд УГБ-2М на карьере ТКСМ

Конструкции, достоинства и недостатки гидроэлеваторных землесосных снарядов специалистам известны достаточно хорошо. Такие земснаряды для разработки грунтов применялись еще во время строительства ряда Волжских гидротехнических сооружений [24,49].

Самостоятельное использование водоструйных насосов сдерживалось из-за их ограниченных возможностей, в первую очередь – расстояния транспортирования, а также сравнительно низкого коэффициента полезного действия.

Гидроэлеваторы по принципу действия являются водоструйными насосами. На объектах гидромеханизации их применяют для заливки водой землесосов на землесосных снарядах и землесосных установках, а также для заливки крупных центробежных насосов, подающих воду к гидромониторам и гидроэлеваторам. Заливка водой производится перед пуском насосов и землесосов.

Гидроэлеватор (рисунок 1.9) состоит из напорного патрубка, по которому подводится вода; всасывающего патрубка, непосредственно подсоединяемого к области, в которой создаётся вакуум; корпуса, имеющего ревизию (крышку) для его очистки; насадки, горловины, в которой происходит смешение рабочего и подсасываемого потоков жидкости или газа, и диффузора. К диффузору крепится выбросная труба, которая выводится в борт землесосного снаряда или к водоприемнику насосной или землесосной установки.

Некоторую разновидность гидроэлеватора, которую точно можно назвать инжектором (от латинского *injacere* – «Бросать внутрь»), стали устанавливать на всасывающей линии землесоса или в устье всасывающей трубы. В первом случае инжектор является всасывающее-нагнетательным аппаратом, поскольку, воздействуя на внешнюю область всасывающей трубы, способствует всасыванию смеси грунта с водой и способствует продвижению гидросмеси по всасывающему тракту, тем самым повышая всасывающую способность землесоса в лучшую сторону изменяет организацию по высоте всасывания; отделяет или полностью устраняет область кавитации, что позволяет разрабатывать тяжелые грунты при высоких консистенциях гидросмеси и с больших глубин водоема.

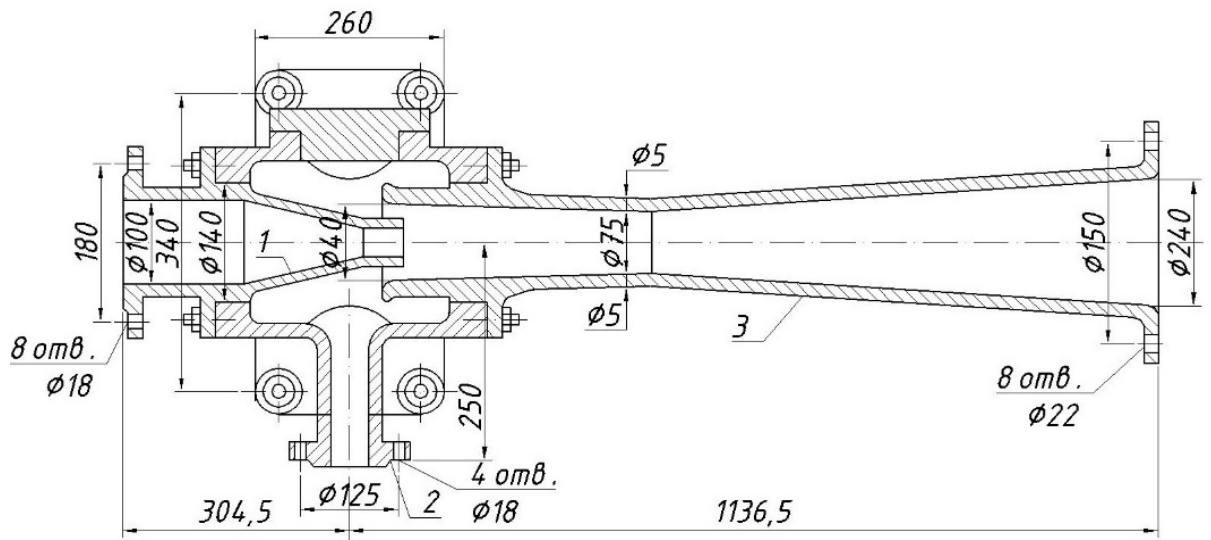


Рисунок 1.9 – Конструкция гидроэлеватора:

1-насадка; 2-всасывающий патрубок; 3-диффузор

Во втором случае инжектор представляет собой водоструйный насос. Извне подводимая струя воды входит во всасывающую трубу со стороны грунтозаборной области, проходит искусственно созданное сужение или сама струя создает это сужение, в котором, согласно принципу Бернулли, возникает разрежение, способствующее всасыванию грунта, а в последующем расширении струи создается диффузорный эффект – трансформация кинетической энергии рабочей и подсосанной жидкости в потенциальную, в силу чего поток гидросмеси подходит к рабочему колесу землесоса с избыточным давлением или при незначительном разрежении.

Это повышение давления суммируется с напором, развиваемым землесосом, что является дополнительным положительным эффектом от установки инжектора в устье всасывающей трубы.

Мустафин разработал конструкцию всасывающей насадки земснаряда, в которой сочетал гидродиффузионный способ рыхления грунта Г.Н. Сизова, комбинацию эжектора со всасывающим наконечником С.П. Огородникова и В.А. Бороздича и получил эжекторно-инжекторный кольцевой наконечник, позволяющий заглублять его под слой грунта, т.е. обеспечил максимально возможный перепад давления в зоне интенсивного всасывания и получение

устойчиво высокого значения консистенции гидросмеси, подаваемой во всас (рисунок 1.10) [49].

В результате эта разновидность гидравлических рыхлителей получила название гидродиффузные рыхлители, принцип действия которых заключается в том, что сопла рыхлителя внедряются в грунт, где струями создают подобие кипящего, т. е. область взвешенного в воде грунта, в которую вводится устье всасывающего наконечника, что обеспечивает высокое значение консистенции, всасываемой гидросмеси.

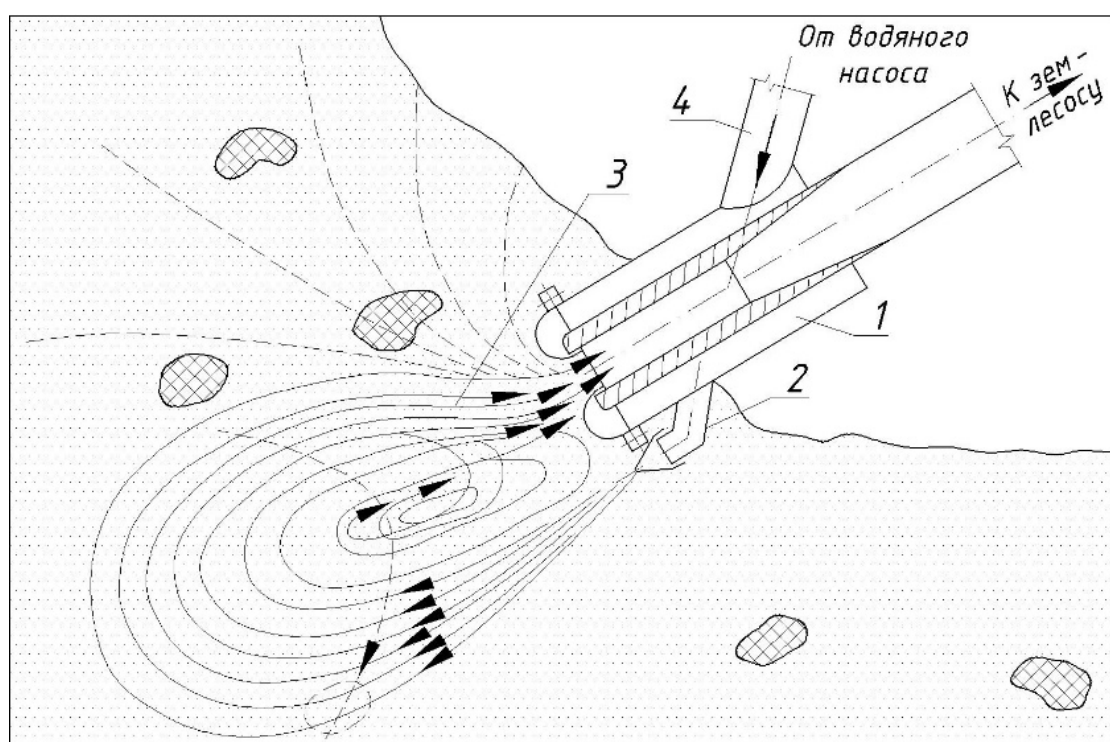


Рисунок 1.10 - Гидродиффузионный рыхлитель

Гидравлические рыхлители особенно удобны для грунтов, засоренных камнями, кусками металла, сваями забоев, где механические рыхлители часто ломаются. Гидравлические рыхлители могут применяться лишь в несвязных грунтах; в связных грунтах работа их неэффективна.

Достоинством рыхлителя является то, что он может работать при любом способе папильонирования. К недостаткам относится малый коэффициент

полезного действия при разработке мелких песков в текущей воде, так как при этом большая часть грунта относится в сторону проходящим потоком.

Общим недостатком водоструйных насосов является сравнительно низкий коэффициент полезного действия, примерно 30%, поэтому самостоятельное применение гидроэлеваторов для разработки грунта широко не практиковалось.

В стесненных условиях небольших карьеров, как правило, карта намыва строительных материалов находится в пределах 300 м от забоя земснаряда, а величина геодезической высоты подъема гидросмеси не превышает 5 м. Именно в таких условиях работа гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М на карьере ТКСМ позволила высокоэффективно осуществлять разработку обводненных запасов песчано-гравийной смеси (рисунок 1.11).

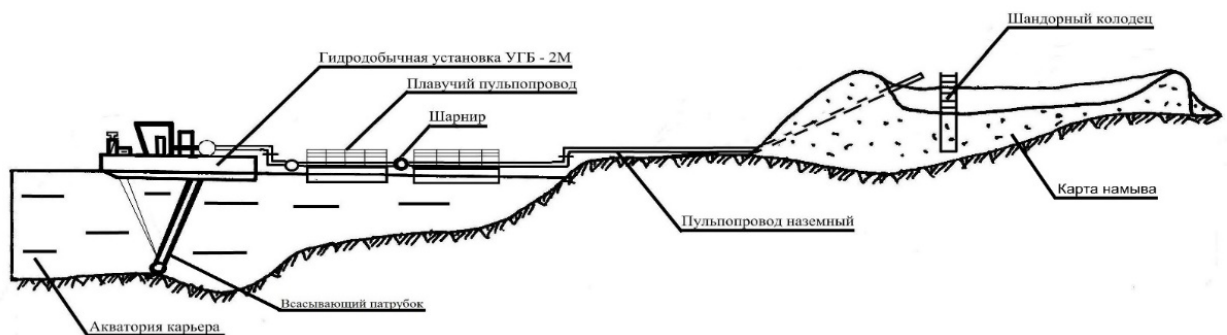


Рисунок 1.11 – Технологическая схема работы гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М на карьере ТКСМ

Земснаряд УГБ-2М оснащен всасывающим патрубком с гидрорыхлителем, конструкция которого приведена на рисунке 1.12, а на рисунке 1.13 показана его фотография в надводном положении.

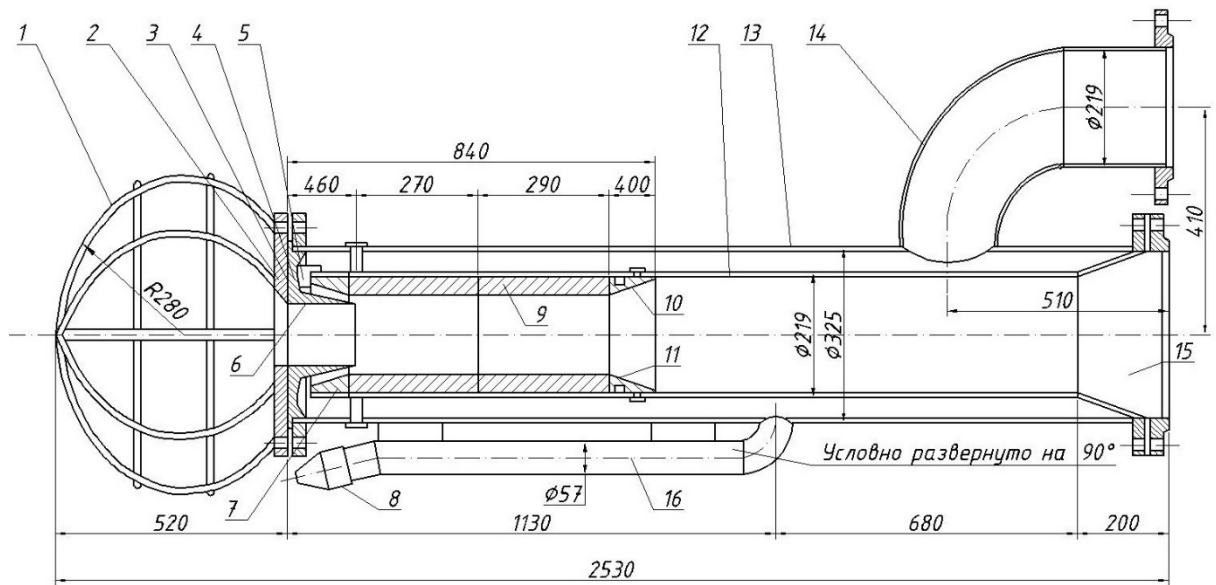


Рисунок 1.12 - Конструкция всасывающего патрубка:

1-Ограждение оголовка, 2-Прижимной фланец, 3-Паронитовая прокладка, 4-Оголовок, 5-Центрирующие опорные «сухарики», 6-Стакан, 7-Упорная пирамика, 8-Насадка гидрорыхлителя, 9-Вкладыш, 10-Ограничитель, 11-Паронитовая прокладка, 12-Пульпопровод, 13-Кожух водяной рубашки, 14-Трубопровод водопроводной линии, 15-Переход, 16-Трубопровод гидрорыхлителя. D_0 – Диаметр всаса, D_n – Диаметр камеры смешивания, b – Щели инжектора.



Рисунок 1.13 - Всасывающий патрубок в надводном положении

Анализ имеющихся статистических данных по изменению подачи гидросмеси гидроэлеваторного земснаряда в условиях карьера ТКСМ от расстояния транспортирования гидросмеси показал, что при длине пульповода 250 м производительность по твердому находилась в диапазоне 17300-18090 м³ в месяц, а при увеличении дальности до 300 м, она сокращалась до величины 14100-15200 м³ [2,55]. Эти данные, к сожалению, характеризуют лишь качественную картину изменения главного параметра добычного оборудования, так как при определении производительности не фиксировалась геодезическая высота подъема гидросмеси, категория разрабатываемых пород и многое другое, однако они убедительно доказывают необходимость исследования данного вопроса. Производительность и себестоимость добычи тесно взаимосвязаны, а правильное планирование ведения работ земснарядом позволит достигнуть минимальных значений затрат на их проведение.

Для определения производительности землесосного снаряда в определенных, конкретных горнотехнических условиях (при различных значениях расстояния транспортирования, геодезической высоты подъема гидросмеси и свойствах перекачиваемой пульпы) должны быть построены графические зависимости сопротивления внешней сети. Точки пересечения характеристики гидроэлеваторного земснаряда и соответствующей характеристики внешней сети определяют рабочую точку и фактическую величину подачи гидротранспортного оборудования.

Обычно, приобретая насосное оборудование всех типов (грунтовых, водяных, углесосов, землесосов и т.п.) вместе с паспортом, в котором определены допустимые условия эксплуатации, производитель представляет его характеристику – зависимость $H_z = f(Q_{см})$. Она определяется производителем экспериментально при испытании оборудования и характеризует их возможности. Эта зависимость является главным параметром, который необходим технологам для проектирования безопасного и эффективного применения насосного оборудования. К сожалению, в открытой печати разработчик не опубликовал

напорно-расходную характеристику земснаряда УГБ-2 М. В работах [21,55], с целью определения производительности гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М в условиях его работы на карьере ТКСМ, в соответствии с методиками, изложенными в [17,18,24,47] произведен расчет характеристик эжектора, который приведен в таблице 1.2, а графики напорных характеристик – зависимость $H_r = f(Q_{см})$ земснаряда УГБ-2М на рисунке 1.14.

Таблица 1.2 – Напор гидроэлеваторного земснаряда

$Q_{вс}$ м ³ /ч	$Q_{см}$ м ³ /ч	β	$H_{эж}$, м				
			$\delta = 1,05$	$\delta = 1,1$	$\delta = 1,2$	$\delta = 1,3$	$\delta = 1,4$
0	561,3	0	31,68	31,86	31,68	31,68	31,68
300	861,3	0,534	26,40	25,90	24,70	23,80	22,80
500	1064,3	0,891	22,05	21,26	19,80	18,50	17,22
700	1261,3	1,247	16,80	15,97	14,20	12,80	11,43

Графики характеристик при $\delta = \rho_{вс}/\rho_0$ ($\rho_{вс}$ – плотность всасываемой в эжектор гидросмеси, ρ_0 – плотность воды): 1,05; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4.

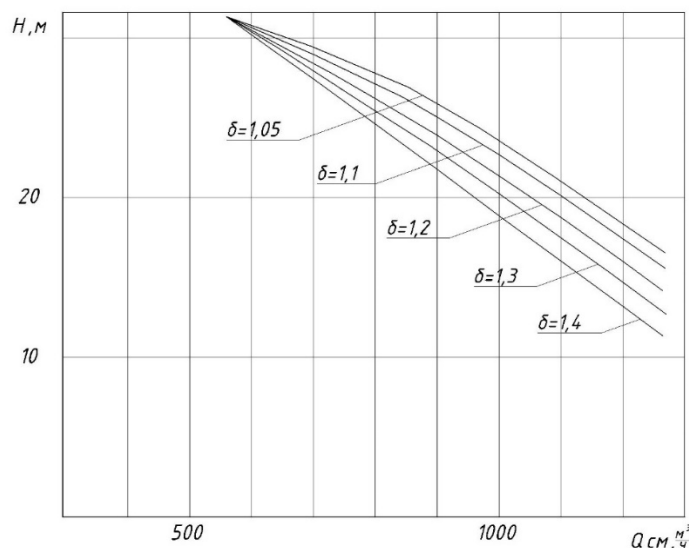


Рисунок 1.14 - Характеристики гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2

Графики характеристик при $\delta = \rho_{вс}/\rho_0$ ($\rho_{вс}$ – плотность всасываемой в эжектор гидросмеси, ρ_0 – плотность воды): 1,05; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4.

В качестве исходных данных при расчете характеристики гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М были приняты следующие его параметры [2,21]:

1. Диаметр камеры смешения – 0,138 м.
2. Диаметр отверстия всаса – 0,116 м.
3. Площадь сечения гидрорыхлителя – 314 мм².
4. Площадь сечения кольцевого инжектора – 2879,38 мм².
5. Насос для подачи воды – 1Д630-90.
6. Расход воды на гидрорыхление – 68,7 м³/ч.
7. Расход воды на пульпообразование – 561,3 м³/ч.
8. Толщина стенки диффузора, $b = 0,004$ м.

Для водоснабжения используется водяной насос 1Д630-90, следовательно, напор на насадке $H_0 = 90$ м.

Известно, что любое гидротранспортное оборудование снижает подачу гидросмеси при возрастании величины сопротивления внешней сети, а это приводит к снижению его производительности и росту себестоимости продукции.

Приведенные результаты анализа состояния вопроса об эффективности и безопасности разработки и перемещения хвостов обогащения из шламохранилищ углеобогажительных фабрик позволяют предполагать, что применение гидроэлеваторных земснарядов для их перемещения может быть эффективно реализовано путем выбора их параметров, которые соответствуют горнотехническим условиям эксплуатации с учетом физико-механических свойств разрабатываемых шламов и, следовательно, обоснование технологии и технических средств для разработки шламов с целью их утилизации или захоронения, является актуальной научно-практической задачей.

Следовательно, основной задачей исследования возможности применения любого гидротранспортного оборудования является построение характеристики внешней сети (пульповода) при работе гидроэлеваторного земснаряда в различных горнотехнических условиях его эксплуатации с учетом физико-механических свойств перекачиваемой гидросмеси.

Результаты этих исследований позволят определить цели, которые могут быть достигнуты при применении гидроэлеваторных земснарядов типа УГБ-2М. Их может быть несколько, но наиболее вероятная и эффективная – перекачивание гидросмеси для обеспечения функционирования водношламового хозяйства разрезов.

Выводы по главе 1. Цель, задачи исследования

На основании анализа результатов научных исследований состава и физико-механических свойств хвостов углеобогащения, намытых в шламохранилищах ОФ, технологии и параметров технических средств гидромеханизации для разработки и перемещения гидросмесей и основных направлений повышения эффективности их работы при снижении негативного влияния на окружающую среду установлены следующие результаты:

1. В шламохранилища Кузбасса уложено более 30 млн. т отходов углеобогащения. Они загрязняют окружающую среду, занимают большие территории и рано или поздно после их заполнения шлам придётся утилизировать. На углеобогажительных фабриках (ОФ) получили широкое применение шламохранилища, куда сбрасываются отходы флотации, илистые шламы, а также складироваться твердые частицы (хвосты) и осветляется вода для повторного использования в технологических процессах. Шламохранилище фактически является горизонтальным отстойником. Благодаря достаточно большим площадям (20–40 га) пульпа отходов флотации и илистых шламов хорошо осветляется, а осадок складировается в емкости.

2. Гранулометрический состав шлама свидетельствует об отсутствии крупных классов минеральных частиц, что, по сравнению с песчано-гравийными месторождениями, является большим преимуществом в плане его разработки и гидротранспортирования средствами гидромеханизации.

3. Анализ технологии и оборудования, которое применяется для разработки шламов из шламохранилищ углеобогажительных фабрик, показал, что они не

соответствуют свойствам разрабатываемых пород и малоэффективны. При этом научно обоснованных и четких рекомендаций до сих пор не предложено. В этой связи, исследования по обоснованию технологии и оборудования для безопасной и эффективной разработки угольных шламов, намытых ранее в шламохранилище, должны базироваться на передовом опыте разработки и перемещения неконсолидированных пород способом гидромеханизации.

4. Анализ технологии и параметров технических средств гидромеханизации для разработки и перемещения гидросмесей при добыче полезных ископаемых традиционными средствами - землесосным снарядом, гидромониторно-землесосным комплексом, гидромониторно-землесосный комплекс с применением экскаваторного рыхления; совместная разработка пород гидромониторным размывом и землесосным снарядом, а также разработка обводненных запасов песчаногравийных месторождений строительных материалов гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М, показал:

- для безопасной и эффективной разработки угольных шламов, намытых в шламохранилище, приемлемыми являются технические средства, которые производят подводную разработку пород, а именно - землесосные снаряды и гидроэлеваторный земснаряд;

- отсутствие крупных классов минеральных частиц в составе шлама свидетельствует о том, что транспортирование такой гидросмеси потребует сравнительно низких скоростей, что значительно сокращает потери напора и увеличивает возможное для принятых технических средств расстояние перемещения шламов;

- землесосный снаряд – это оборудование с высокой производительностью и довольно дорогостоящее, учитывая сравнительно небольшие объемы хвостов обогащения, поступающие с углеобогажительных фабрик, целесообразно рассмотреть возможность применения для указанных целей гидроэлеваторного земснаряда.

5. Одной из главных задач при обосновании параметров технологии очистки шламохранилищ гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М, является исследование

влияния горнотехнических условий на его производительность, в том числе расстояния транспортирования гидросмеси и геодезической высоты её подъема при различных диаметрах трубопровода для гидросмеси.

Цель работы заключается в обосновании параметров технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик гидроэлеваторными земснарядами, работающими на трубопровод, используемый попеременно как пульповод и водовод.

Идея работы заключается в том, что безопасная технология разработки и перемещения хвостов обогащения с применением гидроэлеваторных земснарядов может быть эффективно реализована путем выбора параметров земснарядов, соответствующих горнотехническим условиям эксплуатации с учетом физико-механических свойств разрабатываемых шламов.

Объектом исследований является технология гидромеханизированной разработки шламохранилищ углеобогажительных фабрик Кемеровской области – Кузбасса.

Предмет исследования: параметры технологии и технические средства ее реализации для различных горнотехнических условий.

Задачи исследования:

- проанализировать результаты научных исследований состава и физико-механических свойств хвостов углеобогащения, намытых в шламохранилищах ОФ, технологии и параметров технических средств гидромеханизации для разработки и перемещения гидросмесей и основных направлений повышения эффективности их работы и снижения негативного влияния на окружающую среду;

- разработать методологический подход к обоснованию параметров технологии очистки шламохранилищ гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М, позволяющий исследовать влияние горнотехнических условий на его производительность;

- разработать новую технологию очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда и

обосновать ее параметры в зависимости от физико-механических свойств хвостов углеобогащения.

Методы исследований. В работе использован комплексный методический подход, включающий: обобщение сведений, содержащихся в научно-технической и специальной литературе и анализ результатов выполненных ранее теоретических и экспериментальных работ по современным способам обустройства шламохранилищ углеобогажительных фабрик и применению гидромеханизированных технологий при открытой добыче полезных ископаемых; методы прикладной математики и математической статистики; технико-экономический анализ с использованием стоимостных параметров.

ГЛАВА 2 МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ШЛАМОХРАНИЛИЩ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

2.1 Методический подход к обоснованию параметров технологии очистки шламохранилищ гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М

Методический подход к обоснованию параметров технологии очистки шламохранилищ гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М базируется на анализе результатов научных исследований, учебно-методической литературы, методических рекомендаций, нормативных документов и производственном опыте ведения горных работ средствами гидромеханизации при разработке горных пород и добыче полезных ископаемых.

Принятый методический подход позволил анализировать взаимосвязи режимов работы оборудования и параметров, характеризующих свойства хвостов обогащения, горнотехнические условия, существующие нормативы. Определен главный принцип выбора вариантов технических решений по очистке шламохранилищ гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М. Им является соответствие факторов основных процессов принятой технологии критериям, характеризующим горнотехнические условия, в которых функционирует исследуемая технология. В результате чего обеспечивается безопасность ведения горных работ.

В свою очередь безопасность ведения горных работ гарантирует условия безаварийного функционирования технических средств, исключает потери времени на ремонт и соответствующие простои оборудования, выбор которого учитывает физико-механические свойства хвостов обогащения (намывного массива). Эти свойства, в свою очередь оцениваются: гранулометрическим составом уложенных хвостов обогащения, который определяется критерием $d_{св}$ – средневзвешенным размером частиц твердого и их пористостью m и влияют на все основные процессы исследуемой технологии величиной нормированного (для

группы - категории разрабатываемых пород) удельного расхода воды q (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Схема взаимосвязи критериев горнотехнических условий и основных факторов технологических процессов технологии очистки шламохранилищ с применением эжекторного земснаряда

Для процесса водоснабжения определяются такие факторы, как величина общего напора и расхода воды - $Q_{в}; H_{в}$. Для процесса разработки - расход, напор воды на размыв хвостов соответственно $Q_{р}; H_{р}$, величину расхода воды на всасывание $Q_{вс}$ и плотность всасываемой гидросмеси $\rho_{вс}$. Для процесса гидротранспортирования фракционный состав хвостов и пористость твердого определяют самое главное - методику расчета критической скорости движения гидросмеси $v_{кр}$. По величине этой скорости, на основании рассчитанной в зависимости от критерия технических условий годовой производительности по твердому $Q_{т\text{ год}}$ и числа рабочих дней за сезон N определяется часовая производительность по твердому $Q_{т}$. Зная нормируемую величину q , считаем производительность земснаряда по гидросмеси $Q_{см}$, рассчитываем действительную

(фактическую) скорость движения гидросмеси V_d в трубе принятого (при переборе значений) диаметра D из условия - V_d должна быть больше либо равна $V_{кр}$, определяем диаметр пульповода D . Зная диаметр пульповода по соответствующей свойствам гидросмеси (соотношению твердого и воды - Т:Ж) и размеру частиц твердого (для шлама), определив нужную формулу и рассчитав плотность гидросмеси ρ_r и массовую консистенцию гидросмеси P , получим значение величины потерь напора i_r . Далее по величине геодезической высоты подъема гидросмеси H_r и расстоянию транспортирования $L_{тр}$ производим проверку возможности земснаряда, определяем выбор оборудования для перекачивающей станции, и переходим к расчету удельных капитальных и эксплуатационных затрат и суммарных издержек.

Критерий эффективности предполагает учет целого ряда факторов. Прежде всего, это объем твердого, который следует переуложить. При этом хвосты обогащения имеют различные свойства и для экономической оценки затрат на их разработку и перемещение, расчет параметров гидротранспорта должен учитывать категорию (группу) разрабатываемых пород.

От местоположения нового места складирования хвостов или их переработки зависят затраты на транспортирование и укладку пород. Наиболее благоприятным является возможность их размещения на расстоянии, которое может обеспечить сам земснаряд, без перекачивающей станции с учетом геодезической высоты подъема гидросмеси. При этом величина подачи гидротранспортной установки должна определяться по координате «рабочей точки», т.е. места пересечения характеристики пульповода, построенного для определенного расстояния перемещения и геодезической высоты подъема пульпы, с технической характеристикой земснаряда» [47].

Нельзя забывать, что при применении гидромеханизации удельный расход воды, который требуется для разработки пород и зависит от их категории, определяется способом разрушения массива – непосредственно всасыванием, напорной струей или с предварительным рыхлением. Этот фактор также влияет на

процесс транспортирования (консистенцию гидросмеси), энергозатраты и, следовательно, экономически значим.

Все перечисленные факторы должны быть учтены при выборе всех альтернативных вариантов технических решений по разработке и перемещению хвостов на новое место.

Таким образом, условиями, обеспечивающими устойчивую и безопасную работу гидроэлеваторного земснаряда при разработке хвостов обогащения, являются:

1. Величина действительной скорости перемещения пульпы в трубопроводе V_d должна быть больше либо равна величине критической скорости $V_{кр}$. Это условие исключает заиливание (закупорку пульповода), возможность гидравлического удара и аварии, а также учитывает физико-механические свойства гидросмеси хвостов.

2. Величина подачи гидротранспортной установки должна определяться по месту пересечения характеристики пульповода, построенного для определенного расстояния перемещения и геодезической высоты подъема пульпы, с технической характеристикой земснаряда. Это условие позволяет учитывать горнотехнические условия работы оборудования и границы его технического использования, что гарантирует устойчивую работу комплекса.

На основании всех вышеперечисленных принципов, критериев и факторов сформирован методический подход к выбору вариантов технических решений по разработке и перемещению хвостов обогащения к новому месту складирования или переработки. Он позволяет провести исследование изменения параметров технологии очистки шламохранилища углеобогажительных фабрик гидроэлеваторным земснарядами УГБ-2М в зависимости от горнотехнических условий. Однако, схема взаимосвязи критериев горнотехнических условий и основных факторов технологических процессов технологии очистки шламохранилищ с применением эжекторного земснаряда не учитывает возможность повышения эффективности технологии за счет организационно-технических мероприятий. Они могут обеспечить дополнительный экономический

эффект, но сейчас необходимо доказать возможность применения земснаряда УГБ-2М для разработки и переукладки хвостов и определить перспективы его использования.

Технический результат выбора варианта – обеспечение безопасной разработки и устойчивой работы оборудования при разработке хвостов обогащения в реальных условиях функционирования обогатительных фабрик Кузбасса также требует соблюдения нормативов, соответствующих свойствам разрабатываемых пород [37].

2.2 Обоснование основных параметров технологии очистки шламохранилищ гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М

2.2.1 Горнотехнические условия и организация работы водношламового хозяйства углеобогатительных фабрик Кузбасса

Очевидно, что спрос на уголь определяется его качеством, которое удастся значительно улучшить за счет процесса обогащения. На, углеобогатительных фабриках Кузбасса, применяющих мокрые методы обогащения, функционирует водношламовое хозяйство. Традиционно в его состав входят: технологический комплекс водоснабжения, обработки сточных и оборотных вод, а также шламов и мелких отходов (хвостов) обогащения.

При проектировании водношламового хозяйства рекомендуется, как правило, замкнутый цикл водношламового хозяйства в пределах промплощадки фабрики и исключение сброса загрязненных вод за пределы объектов фабрики.

Размещаются шламохранилища по возможности ближе к фабрике, их объем должен обеспечивать прием сбрасываемых с фабрики отходов флотации, илов минимум в течение 10 лет. Во многих проектах фабрик предусматривается строительство шламохранилищ больших объемов (на 20-25 лет работы фабрики). Их строительство осуществляется в разные сроки, то есть по мере заполнения

твердым осадком первого хранилища, либо производится наращивание плотины, либо сооружаются дополнительные емкости.

По принципу действия шламохранилища относится к горизонтальным отстойникам. Благодаря большим площадям осветления (20-40 га) пульпа отходов флотации и илистых шламов хорошо осветляется без применения флокулянтов, а осадок складывается в емкости шламохранилища.

Для аккумуляирования осветленной воды и более глубокого ее осветления служит вторичный отстойник (пруд осветленной воды), вблизи которого располагается насосная станция для подачи осветленной воды на фабрику.

В процессе эксплуатации попадание в шламохранилища атмосферных вод нежелательно. Поэтому там, где это необходимо, устраивают пруды-аккумуляторы атмосферных вод и отводные каналы для отвода атмосферных вод за пределы шламохранилища.

В зависимости от рельефа местности шламохранилища бывают следующих типов:

- котлованные, располагаемые в замкнутых котлованах выработанном пространстве угольных разрезов;
- равнинные, располагаемые на равнинах с возведением дамб обвалования со всех сторон;
- косогорные, располагаемые на склонах водоразделов. Ограждаются с трех сторон дамбами, а с четвертой стороны - самим косогором;
- пойменные, устраиваемые в поймах рек;
- овражные, располагаемые в оврагах, перегораживаемых плотинами из грунта;
- овражно-равнинные, устраиваемые на равнинной местности, пересеченной оврагами. Овраги перегораживаются плотинами, равнинные участки огораживаются дамбами.

Несмотря на то, что овражные и овражно-равнинные шламохранилища имеют большую водосборную способность и требуют в большинстве случаев сооружения соответствующих водоотводных устройств они получили наибольшее распространение как наиболее универсальные, требующие наименьшего отвода

пахотных земель и небольшую протяженность плотин, то есть меньше затраты на их сооружение.

Выбор места для сооружения шламохранилища ограничивается требованиями безопасной эксплуатации и охраны окружающей природной среды. Площадка, на которой размещается шламохранилище, должна быть ниже уровня площадок близлежащих, жилищных поселков промышленных предприятий, чтобы предотвратить их затопление в случае аварии. Расположение шламохранилища должно исключать возможность переноса пыли с высохших пляжей на жилищные поселки и промышленные предприятия.

Не допускается размещение шламохранилища на оползающих склонах, участках, где возможно прохождение селевых потоков. При размещении шламохранилищ на просадочных или набухающих грунтах предварительно готовят основание для обеспечения устойчивости плотин. Если основание шламохранилища представлено грунтами с повышенной водопроницаемостью, применяются противофильтрационные экраны для предотвращения фильтрации загрязненной воды из шламохранилища и возможного загрязнения поверхностных или подземных вод. Тело плотины сооружается обычно из местных грунтов, которые уплотняются при отсыпке.

Отходы обогащения и шламы чаще всего размещаются в секционных отстойниках. При заполнении секции намыв переносится в соседнюю, а осадок в течение определенного времени уплотняется и после достижения влажности не более 45% удаляется грейфером для складирования в другом месте или использования.

Слив отстойников осветляют и возвращают в оборот, либо (после очистки) сбрасывают в поверхностные водные объекты. Для этого в состав шламохранилища входят системы гидротранспорта загрязненных и осветленных вод, сооружения для приема и отвода атмосферных вод, ограждающие плотины, дамбы, водосборные сооружения.

Схема объектов водношламового хозяйства обогатительной фабрики «Черниговская» использует достаточно распространенную в Кузбассе воднотранспортную систему удаления шлама (рисунок 2.2).

После технологического процесса обогащения рядового угля шлам, в объеме около 200 тыс. м³ в год, транспортируется в шламоприемную емкость, где происходит процесс его накопления, который длится, как правило, 8-9 месяцев.

В теплый период времени шламоприемная емкость подвергается размыву с использованием гидромонитора ГМД-250, а землесосы ЗГМ-2м перекачивают углешламовую смесь по трубопроводу на Чесноковский отвал.

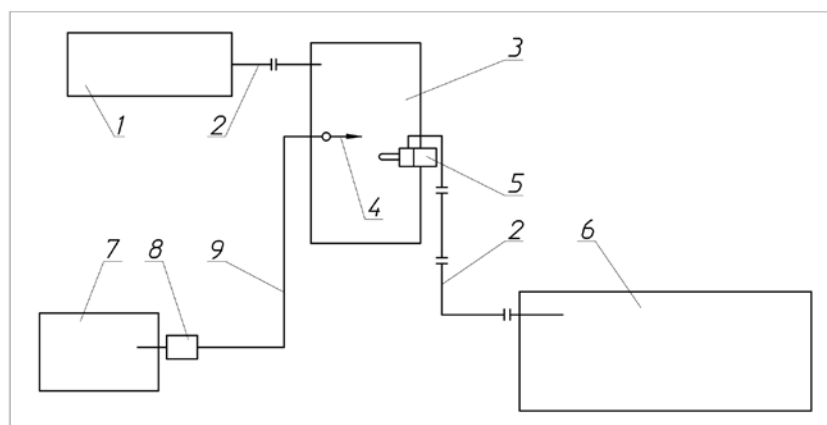


Рисунок 2.2 – Принципиальная схема обустройства водношламового хозяйства ОФ «Черниговская»:

1 - обогатительная фабрика; 2 - пульповод; 3 - шламоприемную емкость; 4 - гидромонитор; 5 - землесос; 6- Чесноковские карты намыва; 7 - пруд осветленной воды; 8 - насосная станция; 9 - трубопровод осветленной воды

На них происходит обезвоживание поступающей смеси, а после заполнения карты и ее последующего осушения, выполняются работы по очистке карты от шлама, его вывозке и складированию. После чего карта готова к приему очередной партии водношламовой смеси. Подача чистой воды, необходимой для создания давления на гидромониторе и получения необходимого соотношения вода-шлам для транспортировки смеси, поступает по трубам из водного объекта, расположенного вблизи отвала, принадлежащего филиалу «Кедровский угольный

разрез» «АО «УК «Кузбассразрезуголь». Характеристика складированного шлама: влажность 18%; зольность 20,7%; состав водошламовой смеси -10% шлам, 90% вода. Гранулометрический состав твердого в сливе представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Гранулометрический состав твердого в сливе ОФ «Черниговская».

Класс мм	Выход классов
	%
+0,5	10,4
0,3-0,5	3,9
0,2-0,3	9,4
0,1-0,2	12,6
-0,1	63,7
ИТОГО	100

В представленной схеме обустройства водношламового хозяйства, которая бывает задействована в теплый период времени, для перекачивания углешламовой смеси по трубопроводу на шламовые карты шламоприемная емкость подвергается размыву с использованием гидромониторно-землесосного комплекса (гидромонитора ГМД-250 и землесоса ЗГМ-2м). Очевидно, что такое техническое решение является традиционным для разрезов, где имеется достаточно богатый опыт применения гидрокомплексов, но не эффективным. Прежде всего следует обратить внимание на то, что с ОФ в шламоприемную емкость поступает гидросмесь, содержащая 50% воды и 50% шлама. В результате гидромониторного размыва ранее уложенного шлама еще будет добавлено воды, с учетом малой эффективности работы гидромонитора попутным (и возможно подводным), а не встречным забоем (который организовать нельзя), порядка 4-7 м³ на каждый м³ разрабатываемого шлама. Через определенное время землесос фактически будет использоваться как насос. Известно, что к.п.д. землесосов выше, чем у насосов. Именно в такой ситуации следует вместо гидромониторно-землесосного комплекса

разработку и переукладку хвостов ОФ из шламоприемной емкости осуществлять с применением мобильного земснаряда УГБ-2М.

Для обоснования области эффективного применения земснарядной переукладки шламов произведем расчет параметров гидротранспорта при разработке хвостов обогащения земснарядом УГБ-2М с учетом расстояния транспортирования и геодезической высоты подъема гидросмеси. Первоначально необходимо установить свойства перекачиваемой гидросмеси, которые в первую очередь определяются физико-механическими характеристиками ее жидкой и твердой составляющих.

Твердая составляющая характеризуется следующими основными свойствами: плотностью ρ_t , пористостью m и крупностью.

Пористость определяется отношением объема пор ко всему объему образца и выражается в долях единицы.

Крупность твердого материала может характеризоваться гранулометрическим составом или гидравлической крупностью.

Гранулометрический состав характеризует процентное содержание частиц определенной крупности в транспортируемой массе твердого материала. Одной из характеристик гранулометрического состава является средневзвешенный диаметр частиц d_{cp}

$$d_{cp} = \sum P_i d_i / 100, \quad (2.1)$$

где P_i – процентное содержание фракций i -го диапазона крупности; d_i – средний диаметр частиц i -й фракции, определяемый как среднеарифметическое предельных диаметров данной группы фракций.

Грансостав твердого в сливе известен (см. таблице 2.1). По этим данным строим график грансостава твердого в сливе, который представлен на рисунке 2.3.

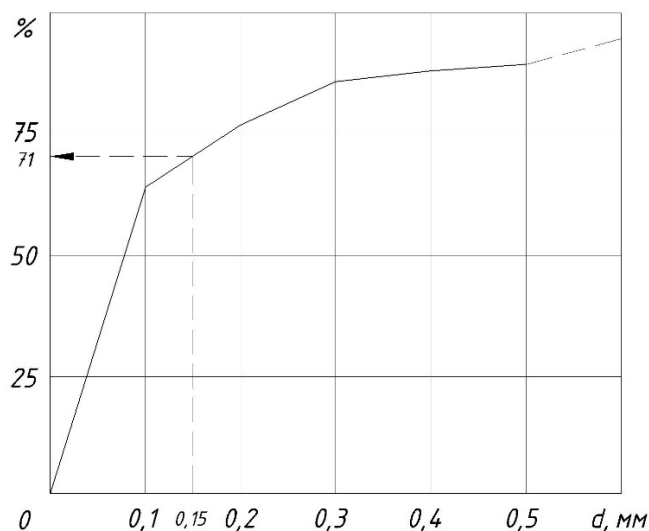


Рисунок 2.3 - График гранулометрического состава твердого в сливе ОФ

В соответствии с представленным в таблице 2.1 грансоставом минеральной составляющей хвостов обогащения определяем величину его средневзвешенного значения d_{cp} :

$$d_{cp} = 0,01 \cdot [0,5 \cdot (0 + 0,1) \cdot 63,7 + 0,5 \cdot (0,1 + 0,2) \cdot 12,6 + 0,5 \cdot (0,2 + 0,3) \cdot 9,4 + 0,5 \cdot (0,3 + 0,5) \cdot 3,9 + 0,5 \cdot (0,5 + 1,0) \cdot 10,4] = 0,168 \text{ мм} \quad (2.2)$$

Далее, в соответствии с нормативными требованиями - распределением грунтов по группам при разработке их землесосными снарядами определим группу (категорию) грунта - 1, к которой относятся хвосты обогащения, расход воды - 6,5 м³ на разработку и транспортирование 1 м³ шлама и по соответствующим методикам рассчитаем параметры гидротранспорта и производительности земснаряда УГБ-2М [18,45,47].

2.2.2 Расчет производительности земснаряда УГБ-2М при очистке шламохранилищ углеобогатительных фабрик

Часовая производительность гидроустановок по твердому определяется по известной формуле [31,40,47,50]:

$$Q_{\tau} = \frac{Q_{\tau}}{1 - m + q}, \text{ м}^3 \quad (2.3)$$

где: Q_r - производительность земснаряда УГБ-2М по гидросмеси, $\text{м}^3/\text{ч}$; m - пористость породы, 0,3-0,4; q - удельный расход воды на размыв 1 м^3 породы в целике.

В свою очередь производительность земснаряда УГБ-2М по гидросмеси определяется условиями гидротранспортирования:

$$Q_r = 900 v_p \pi D^2; \quad (2.4)$$

где: v_p – средняя расчетная скорость движения потока гидросмеси по трубопроводу, $\text{м}/\text{с}$; D – внутренний диаметр нагнетательного трубопровода, м .

Диаметр трубопровода выбирается из условия

$$v_p = (1,05 \dots 1,20) v_{кр}. \quad (2.5)$$

Зависимости 2.2 - 2.5 иллюстрируют приведенную на рисунке 2.1 взаимосвязь производительности земснаряда УГБ-2М по гидросмеси, от горнотехнических условий и параметров процесса гидротранспортирования.

Целью расчетов гидротранспорта является определение критических скоростей $v_{кр}$ и удельных потерь напора i_r . Удельными называют потери напора на преодоление линейных гидравлических сопротивлений, отнесенные к 1 м длины трубопровода. Критической называется средняя скорость движения гидросмеси по трубопроводу, соответствующая началу выпадения твердых частиц из потока на дно трубы.

Когда известен грансостав твердого в сливе ОФ (см. таблице 2.1) и «расход воды на разработку и транспортирование 1 м^3 шлама - $6,5 \text{ м}^3$ можно рассчитать $\rho_{вс}$ – плотность всасываемой в эжектор гидросмеси. В соответствии с методикой» [24, 25], определив величину $\delta = \rho_{вс}/\rho_o$, где ρ_o – плотность воды, мы построим график зависимости $H_r = f(Q_{см})$ - характеристику земснаряда УГБ-2М и, произведя расчет параметров гидротранспорта, определим графическую характеристику внешней сети. Место пересечения этих графиков определяет рабочую точку и фактическую производительность земснаряда.

Многочисленными исследованиями установлено, что режим движения гидросмеси со скоростью близкой к критической соответствует минимальным

гидравлическим сопротивлениям и наименьшим удельным затратам энергии на гидротранспорт. При скоростях движения гидросмеси ниже критических осаждающиеся твердые частицы, в первую очередь самые крупные, создают на дне потока неподвижный слой заиливания, что может привести к закупорке трубопровода. Поэтому этот режим применим только при транспортировании очень мелких твердых материалов.

Основной характеристикой гидросмеси является ее насыщенность твердым материалом, количественное отношение которой выражается ее плотностью или концентрацией.

Плотность гидросмеси ρ_r (кг/м³) рассчитывается по формуле

$$\rho_r = \frac{\rho_0 q + \rho_t (1 - m)}{q + (1 - m)}, \quad (2.6)$$

где ρ_0 – плотность несущей среды (воды), кг/м³; m – пористость породы (шлама) в гидросмеси, дол. ед.; q – удельный расход воды на гидротранспорт, м³/м³.

Концентрация твердого в гидросмеси представляет собой отношение объема или массы твердого материала к объему или массе гидросмеси. Связь между плотностью и объемной концентрацией S твердого в гидросмеси выражается зависимостью

$$S = (\rho_r - \rho_0) / (\rho_t - \rho_0), \quad (2.7)$$

Диаметр трубопровода выбирается из условия

$$v_p = (1,05 \dots 1,20) v_{кр}. \quad (2.8)$$

Зависимости для определения критической скорости гидротранспортирования в методиках расчета являются функцией искомого диаметра трубопровода D . Поэтому последний определяют методом приближений, для определенных значений диаметра трубопровода рассчитываются числовые величины $v_{кр}$ и v_p . Если при этом условие (2.8) соблюдается, то окончательно принимают выбранный стандартный трубопровод. Если это условие не выполняется, то принимают ближайший меньший (если $v_p < 1,05 v_{кр}$) или ближайший больший (если $v_p > 1,20 v_{кр}$) стандартный диаметр трубопровода и

расчеты по определению $v_{кр}$ и v_p повторяются до тех пор, пока условие (2.8) не будет выполнено.

С целью сокращения количества расчетов рекомендуется следующий способ. Определяем расчетную величину расхода гидросмеси Q_p в $м^3/с$ и по таблице 2.2 задаемся ориентировочным значением критической скорости $v_{кpo}$ (м/с), а затем определяем расчетный диаметр трубопровода D_p (м) по известной формуле:

$$D_p = (Q_p / 900 \pi v_{кpo})^{0,5}, \text{ м} \quad (2.9)$$

Таблица 2.2 - Ориентировочные значения критических скоростей гидротранспортирования [47].

Расход гидросмеси, $м^3/ч$	глинистых фракций	песчаных фракций с примесью глинистых	песка и гравия с примесью глинистых фракций	гравия, щебня	рядового угля
180-400	1,6-1,7	1,9-2,0	2,3-2,6	2,8-3,1	1,9-2,2
400-1000	1,7-2,1	2,0-2,3	2,6-3,1	3,1-3,7	2,2-2,7
1000-1800	2,1-2,5	2,3-2,9	3,1-3,6	3,7-4,2	2,7-3,1
1800-3000	2,5-2,7	2,9-3,2	3,6-3,9	4,2-4,6	3,1-3,4
3000-5500	2,7-2,9	3,2-3,4	3,9-4,3	4,6-5,3	3,4-3,8

По расчетному диаметру выбирают трубы по стандарту, принимая толщину стенки в пределах 8-14 мм. В гидротранспортных установках используют трубы стальные горячедеформированные бесшовные (ГОСТ 8732-78) или трубы стальные электросварные прямошовные (ГОСТ 10704-76).

Для выбранного стандартного диаметра D_n нагнетательного трубопровода рассчитывается действительное значение критической скорости и средняя скорость движения гидросмеси по трубопроводу при $D=D_n$.

Расчеты параметров гидротранспорта шламов рекомендуется производить по методике В.С. Кнороза [18]. Формула для расчета критической скорости гидротранспортирования по методике Кнороза В.С. определяется крупностью транспортируемых частиц твердого [18,50]:

- для частиц крупностью $0,15 \text{ мм} < d < 1,5 \text{ мм}$

$$v_{\text{кр}} = 0,855(0,35 + 1,36\sqrt[3]{PD^2}) ; \quad (2.10)$$

- для частиц крупностью $0,07 \text{ мм} < d < 0,15 \text{ мм}$

$$v_{\text{кр}} = 0,255(1 + 2,48\sqrt[3]{P^4D}) ; \quad (2.11)$$

- для частиц крупностью менее $0,07 \text{ мм}$

$$v_{\text{кр}} = 0,2(1 + 3,43\sqrt[4]{PD^{0,75}}) \quad (2.12)$$

где: D - диаметр трубопровода, м;

P - массовая консистенция гидросмеси в %,

$$P = \frac{\rho_{\text{т}} - \rho_{\text{о}}}{\rho_{\text{т}} - \rho_{\text{г}}} \cdot \frac{\rho_{\text{т}}}{\rho_{\text{о}}} \cdot 100 \quad (2.13)$$

$d_{\text{ср}}$ - средневзвешенная крупность твердых частиц (см. рисунок 2.1), мм,

где: P_i - процентное содержание i -й по крупности фракции твердых частиц;

Диапазон частиц шлама (см. таблицу 2.1) соответствует требованиям расчётной формулы (2.10). При этом наличие в шламе большего, чем предусмотрено в формуле, количества мелких частиц гарантирует исключение возможности заиливания пульповода.

По формуле (2.10) производятся расчеты величины критической скорости гидротранспортирования для расходов гидросмеси, которые были приняты при построении характеристики земснаряда УГБ-2М - $Q_{\text{см}} = 861,3; 1064,3; 1261,3 \text{ м}^3/\text{ч}$. [21]

Затем проводится проверка предельного значения $Q_{\text{вс}}$, которая определяет величину $Q_{\text{см}}$ ($Q_{\text{см}} = Q_{\text{вс}} + Q_{\text{р}}$) и зависит от конструкции и параметров инжектора. Предельное значение подсасываемого потока рассчитывается по формуле Лахтина В.П. [57]:

$$Q_{\text{вс}} = 0,856 \cdot Q_{\text{р}} \cdot [(D_0 / (D_{\text{к}} - D_0 - \delta))^{0,5} - 1], \quad (2.14)$$

где $Q_{\text{вс}}$ – предельное значение подсасываемого потока, $\text{м}^3/\text{с}$; $Q_{\text{р}}$ – расход рабочего потока на пульпообразование, $\text{м}^3/\text{с}$; D_0 – диаметр входного отверстия инжектора (отверстия всаса), мм; δ – толщина стенки кольцевого канала (диффузора), мм.

В качестве исходных данных для расчета характеристики гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М в соответствии с [2, 3, 21] принимаем: $Q_p = 561,3 \text{ м}^3/\text{ч}$; $D_0 = 0,116 \text{ м}$; $D_k = 0,138 \text{ м}$; $b = 0,004 \text{ м}$. В результате расчета установлено, что предельное значение подсасываемого потока земснаряда УГБ-2М составляет $Q_{bc} = 1,32 \cdot Q_p = 738,9 \text{ м}^3/\text{ч}$, следовательно расход (подача) гидросмеси земснарядом $Q_{cm} = 738,9 + 561,3 = 1300,2 \text{ м}^3/\text{ч}$, что больше принятого - $1261,3 \text{ м}^3/\text{ч}$, т.е. величина принятого расхода не превышает допустимый.

При расчете величины плотности транспортируемой гидросмеси ρ_{cm} надо учитывать, что в процессе разработки пород гидроэлеваторными землесосными снарядами к всасываемой гидросмеси добавляется вода эжектора, значит плотность транспортируемой гидросмеси шлама, должна рассчитывается по формуле:

$$\rho_{cm} = [\rho_{bc} Q_{bc} + \rho_o Q_o] : [Q_{bc} + Q_o], \text{ кг/м}^3 \quad (2.15)$$

где Q_{bc} - расход всасываемой гидросмеси, принимаем: $300; 500; 700 \text{ м}^3/\text{ч}$; Q_o - расход воды из насадки, $561,3 \text{ м}^3/\text{ч}$; ρ_{bc} – плотности всасываемой в эжектор гидросмеси, кг/м^3 ; ρ_o – плотность несущей средой (воды), кг/м^3 .

Формула для расчета плотности, всасываемой в эжектор гидросмеси:

$$\rho_{bc} = [\rho_o q + \rho_t (1-m)] : [q + (1-m)], \text{ кг/м}^3 \quad (2.16)$$

где q - расход воды на разработку и транспортирование шлама - $6,5 \text{ м}^3/\text{м}^3$; ρ_t - плотность шлама, 2100 кг/м^3 ; m - пористость шлама, $0,3 \text{ дол. ед.}$

В результате расчета по формуле (2.16) определяем величину $\rho_{bc} = 1110 \text{ кг/м}^3$.

Результаты расчета величины ρ_{cm} приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Результаты расчета величины ρ_{cm} и P .

$Q_{cm}; \text{м}^3/\text{ч}$	$\rho_{cm}; \text{кг/м}^3$	$P; \%$
861,3	1038	7,51
1064,3	1049	9,79
1261,3	1061	12,33

Определяем величину массовой консистенции гидросмеси по известной формуле, результаты расчета приведены в таблице 2.3:

$$P = [(\rho_{\text{см}} - \rho_0) : (\rho_{\text{т}} - \rho_{\text{см}})] \cdot (\rho_{\text{т}} : \rho_0) \cdot 100; \% \quad (2.17)$$

Учитывая опыт гидротранспортирования четвертичных вскрышных пород угольных разрезов, считаем, что диаметр пульповода 0,3м, который нормально функционировал при разработке песчано-гравийной смеси на карьере ТКСМ и исключал заиливание трубопровода, при перемещении шлама занижен. Это приведет к увеличению потерь напора и сокращению возможного расстояния транспортирования, поэтому считаем целесообразным произвести расчеты и при диаметре пульповода 0,4м.

Скорость движения гидросмеси в трубопроводе рассчитывается по известной формуле [30, 31]:

$$v_{\text{г}} = (Q_{\text{см}} \cdot 4) : (3600 \cdot \pi \cdot D^2); \text{ м/с}, \quad (2.18)$$

где величина $Q_{\text{см}}$ – в м³/ч.

Результаты расчета при различных диаметрах трубопровода представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Скорость движения гидросмеси в трубопроводе, м/с

D, м	Скорость движения гидросмеси в трубопроводе, $v_{\text{г}}$; м/с		
	$Q_{\text{см}} = 861,3; \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_{\text{см}} = 1064,3; \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_{\text{см}} = 1261,3; \text{ м}^3/\text{ч}$
0,30	3,38	4,18	4,96
0,35	2,47	3,06	3,63
0,40	1,90	2,35	2,79
0,45	1,51	1,86	2,21
0,50	1,22	1,51	1,79

В том случае, когда рассчитываются параметры гидрокомплекса, работающего в определенных горнотехнических условиях, необходимо произвести расчет характеристики внешней сети при определенном или заданном расстоянии гидротранспортирования и геодезической высоте подъема гидросмеси с целью определения величины его производительности.

В общем случае «зависимость для определения сопротивления внешней сети гидротранспортной установки имеет вид [47]:

$$H_c = H_r + R_0 \cdot Q_{cm}^2 + R_d \cdot Q_{cm}^n. \quad (2.19)$$

где H_r – геодезическая высота подъема гидросмеси, м; Q_{cm} – расход (подача) гидросмеси земснарядом, м³/с; R_0 – основной коэффициент сопротивления внешней сети гидротранспортной установки, с²/м⁵; R_d – дополнительный коэффициент сопротивления внешней сети, с⁻¹/м⁴; n – показатель степени.

При применении методики В.С. Кнороза коэффициенты сопротивления внешней сети гидротранспортной установки рассчитываются по формуле» [47]:

$$R_0 = [(\lambda_0 \cdot L) : D + \sum \xi + 1] \cdot [0,81 : (gD^4)]; \quad R_d = 0. \quad (2.20)$$

где L – расстояние гидротранспортирования; D – диаметр трубопровода; g – ускорение свободного падения, м/с²; $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных гидравлических сопротивлений.

Определив значение величины R_0 – основного коэффициента сопротивления внешней сети гидротранспортной установки и подставив все установленные в результате расчета гидротранспорта параметры в зависимость (2.19) и задаваясь величинами H_r – геодезической высотой подъема гидросмеси и L – расстоянием гидротранспортирования возможно построить характеристику сопротивления внешней сети гидротранспортной установки для принятых условий.

Для определения «рабочей точки» – места пересечения характеристики земснаряда и внешней сети, строятся графики этих зависимостей. Опустив перпендикуляр из точки пересечения графиков, определяем действительную (фактическую) производительность земснаряда в соответствующих условиях его работы. Когда описанным выше графоаналитическим способом определена величина подачи гидросмеси земснарядом в конкретных условиях его работы – $Q_{гс}$, то производительность по твердому (породе) гидроэлеваторного снаряда может быть рассчитана по формуле [57, 63, 64]:

$$Q_T = (Q_{гс} - Q_0) \cdot (1 - m + q_{вс}) = Q_{вс} \cdot (1 - m + q_{вс}); \text{ м}^3/\text{ч} \quad (2.21)$$

где Q_0 - расход потока воды на пульпообразование, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Таким образом, изложенный порядок расчета производительности земснаряда УГБ-2М при очистке шламохранилища углеобогачительных фабрик позволяет обеспечить устойчивую и безопасную работу гидроэлеваторного земснаряда при разработке хвостов обогащения путем учета:

- физико-механических свойства гидросмеси при выборе диаметра пульповода;
- горнотехнических условий работы комплекса - расстояния перемещения гидросмеси и геодезической высоты её подъема.

2.2.3 Блок-схема алгоритма расчета параметров системы гидротранспорта и производительности гидроэлеваторных земснарядов УГБ-2М при очистке шламохранилищ углеобогачительных фабрик

Изложенный в предыдущем разделе порядок расчета производительности земснаряда УГБ-2М при очистке шламохранилищ углеобогачительных фабрик позволяет обеспечить устойчивую и безопасную работу гидроэлеваторного земснаряда при разработке хвостов обогащения. Фактически он является методическим подходом, позволяющим решить одну из задач исследования, а именно: исследовать влияние горнотехнических условий на производительность земснаряда в зависимости от расстояния транспортирования гидросмеси и геодезической высоты её подъема. Для решения этой задачи разработан алгоритм - последовательность действий для расчета параметров системы гидротранспорта технологии очистки шламохранилищ углеобогачительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов и его производительности в зависимости от горнотехнических условий его работы и физико-механических свойств транспортируемой гидросмеси. Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 2.4.

На первом этапе производится сбор и расчет исходных данных. Прежде всего это физико-механические свойства разрабатываемых пород (ρ_T , m , $d_{св}$), которые приведены в отчетах о геологоразведочных работах месторождения.

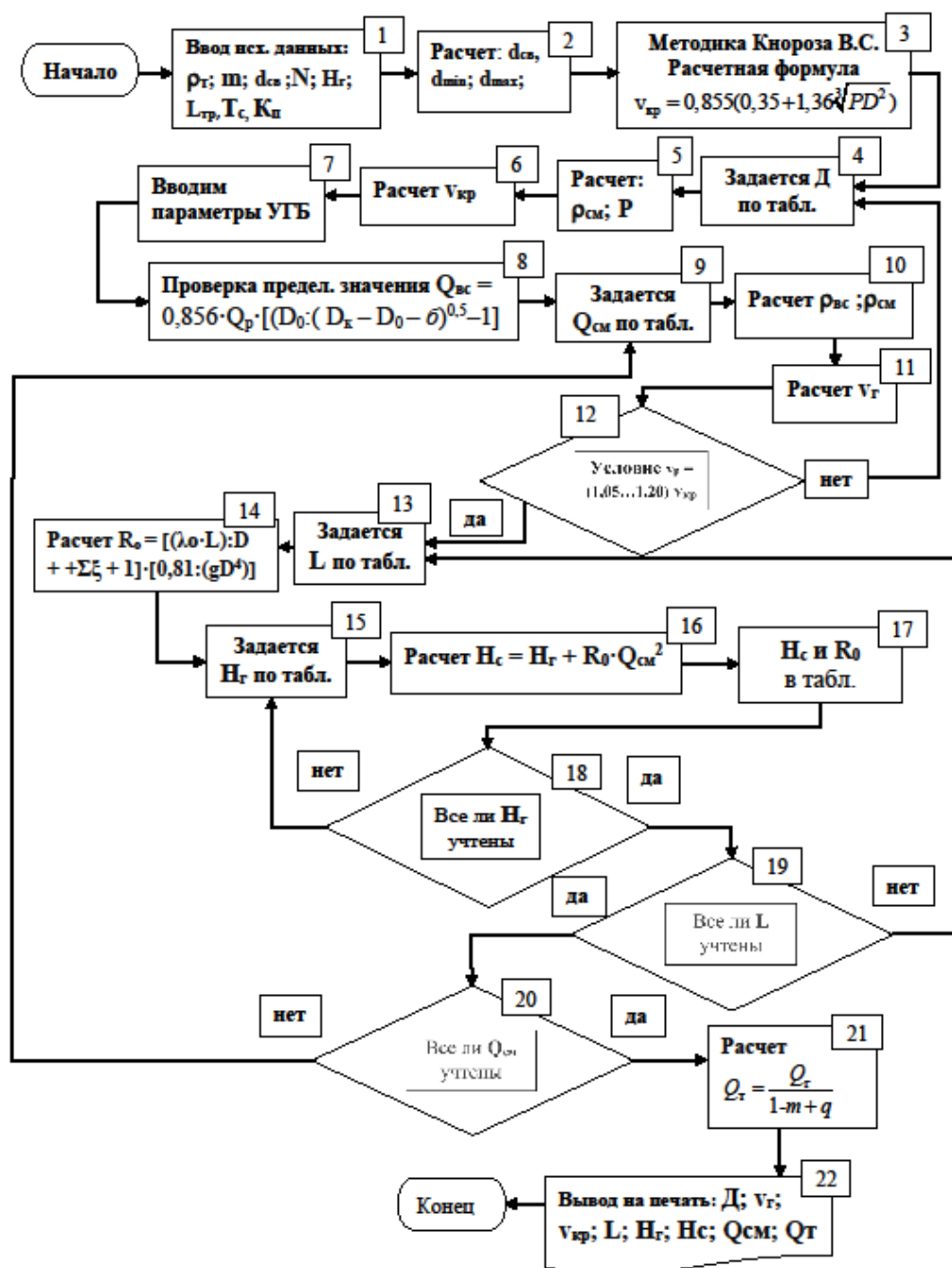


Рисунок 2.4 – Блок-схема алгоритма расчета параметров системы гидротранспорта технологии очистки шламохранилищ углебогатительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов и его производительности

При этом требуется вычисление величины средневзвешенного размера кусков твердого - $d_{св}$ шлама (см. формулу 2.1) и других параметров.

Необходимо учитывать организационно-технические ограничения, связанные с режимом работы предприятия и климатическими условиями региона ($Q_{т год}$; N ; H_g ; $L_{тр}$, T_c , $K_n, \dots$). Обычно эти данные можно найти в проекте разработки месторождения. В числе исходных данных, которые необходимы для технико-экономического сравнения вариантов, должны быть и стоимостные параметры, характеризующие издержки при ведении горных работ, такие как: затраты на электроэнергию, тарифные ставки трудящихся, стоимость оборудования и материалов. При вводе исходных данных требуется учет нормативных документов, например, для определения удельного расхода воды от группы (категории) разрабатываемых земснарядом пород [12;28;29;34;35;37;40;45].

Далее определяется диаметр пульповода D , расчет параметров гидротранспорта в зависимости от расстояния гидротранспортирования $L_{тр}$ и геодезической высоты подъема гидросмеси H_g , что позволяет определить часовую производительность земснаряда по гидросмеси $Q_{см}$ и по твердому Q_t в зависимости от горнотехнических условий его работы.

Алгоритм предусматривает применение современных, многократно проверенных методик расчета параметров процессов гидротранспорта, включая определение критических и действительных скоростей движения гидросмеси в трубопроводе, их диаметров, исключающих заиливание пульповода [1,24,25,37,45,57]. Кроме того, для определения действительного режима работы гидротранспортной установки, используется графоаналитический метод, по которому фактическая производительность земснаряда в соответствующих условиях его работы определяется абсциссой «рабочей точки» - места пересечения характеристики земснаряда и внешней сети. [40,47]

Логические операторы 12, 18, 19 и 20 позволяют произвести выбор соответственно диаметра трубопровода, и учесть весь диапазон параметров

геодезической высоты подъема гидросмеси, расстояния ее транспортирования и производительности земснаряда, предусмотренных диапазоном их сравнения.

Оператор технических действий - «*Вывод на печать основных параметров*» завершает расчеты и позволяет сопоставить принятые условия, диапазон регулирования и определить параметры гидрокомплекса которые целесообразно рекомендовать к реализации, оговорив условия его эксплуатации.

2.3 Исследование влияния горнотехнических условий на производительность гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М при очистке шламохранилищ

На основании сформированного в разделах 2.1 и 2.2 методического подхода, в соответствии с алгоритмом расчета параметров системы гидротранспорта и производительности гидроэлеваторных земснарядов УГБ-2М при очистке шламохранилищ углеобогатительных фабрик, произведем расчет указанных параметров технологии для различных значений расстояния транспортирования гидросмеси и геодезической высоты её подъема при различных диаметрах пульповода. На первом этапе производится сбор и расчет исходных данных, в т. по величине средневзвешенного значения размера кусков минеральной составляющей хвостов обогащения $d_{ср}$ (см. формулу 2.1) определяем формулу для расчета критической скорости гидротранспортирования по методике Кнороза В.С.

Далее задаемся диаметром пульповода D и для каждого из них определяем фактическую (действительную) и критическую скорости движения гидросмеси для расходов гидросмеси, которые были приняты при построении характеристики земснаряда УГБ-2М - $Q_{см} = 861,3; 1064,3; 1261,3 \text{ м}^3/\text{ч}$. [21] Результаты расчета представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Результаты расчета параметров гидротранспорта шлама по Кнорозу В.С.

Параметры		D ₀ = 0,30м			D ₀ = 0,35м		
Условн. обозн.	Ед. измер.	Q _{см} = =861,3 м ³ /ч	Q _{см} = =1064,3 м ³ /ч	Q _{см} = =1261,3 м ³ /ч	Q _{см} = =861,3 м ³ /ч	Q _{см} = =1064,3 м ³ /ч	Q _{см} = =1261,3 м ³ /ч
ρ _{вс}	кг/м ³	1110	1110	1110	1110	1110	1110
ρ _{см}	кг/м ³	1038	1049	1061	1038	1049	1061
P	%	7,51	9,79	12,33	7,51	9,79	12,33
V _Г	м/с	3,38	4,18	4,96	2,47	3,06	3,63
V _{кр}	м/с	1,57	2,18	2,31	1,43	1,53	1,63
V _Г / V _{кр}	-	2,15	1,92	2,14	1,73	1,99	2,22

Параметры		D ₀ = 0,40м			D ₀ = 0,45м		
Условн. обозн.	Ед. измер.	Q _{см} = =861,3 м ³ /ч	Q _{см} = =1064,3 м ³ /ч	Q _{см} = =1261,3 м ³ /ч	Q _{см} = =861,3 м ³ /ч	Q _{см} = =1064,3 м ³ /ч	Q _{см} = =1261,3 м ³ /ч
ρ _{вс}	кг/м ³	1110	1110	1110	1110	1110	1110
ρ _{см}	кг/м ³	1038	1049	1061	1038	1049	1061
P	%	7,51	9,79	12,33	7,51	9,79	12,33
V _Г	м/с	1,90	2,35	2,79	1,51	1,86	2,21
V _{кр}	м/с	1,53	1,65	1,76	1,62	1,76	1,88
V _Г / V _{кр}	-	1,24	1,42	1,59	0,93	1,06	1,18

Параметры		D ₀ = 0,50м		
Условн. обозн.	Ед. измер.	Q _{см} = =861,3 м ³ /ч	Q _{см} = =1064,3 м ³ /ч	Q _{см} = =1261,3 м ³ /ч
ρ _{вс}	кг/м ³	1110	1110	1110
ρ _{см}	кг/м ³	1038	1049	1061
P	%	7,51	9,79	12,33
V _Г	м/с	1,22	1,51	1,79
V _{кр}	м/с	1,73	1,87	1,99
V _Г / V _{кр}	-	0,71	0,81	0,90

Анализ изменения соотношения фактической (действительной) и критической скоростей движения гидросмеси показывает, что формально из всех рассмотренных значений диаметров пульповода полностью соответствует условию зависимости 2.10 диаметр трубы 0,40м и, в пределах допустимых значений, – 0,35; 0,45м, а при $D=0,30$ м будет безопасный (без возможного заилиения пульповода), но не экономичный режим гидротранспортирования (см. таблицу 2.5).

Далее, в соответствии с алгоритмом расчета параметров системы гидротранспорта и производительности гидроэлеваторных земснарядов УГБ-2М при очистке шламохранилищ углеобогажительных фабрик, произведем расчет величин R_0 – основного коэффициента сопротивления внешней сети гидротранспортной установки и H_c – сопротивления внешней сети гидротранспортной установки (земснаряда), работающей в определенных горнотехнических условиях. Результаты расчета для диаметров пульповода 0,30; 0,35; 0,40 и 0,45м представлены в таблице 2.6 -2.9.

Таблица 2.6 – Расчет производительности земснаряда УГБ-2М при очистке шламохранилищ углеобогажительных фабрик для диаметра трубопровода-пульповода 0,30 м.

L, м	H _г , м	Условн. обозн.	Ед. измер.	$Q_{см}= 861,3;$ м ³ /ч	$Q_{см}=1064,3;$ м ³ /ч	$Q_{см}=1261,3;$ м ³ /ч
1	2	3	4	5	6	7
300	0	$Q_{см}$	м ³ /с	0,239	0,296	0,350
		Re	-	$1,0069 \cdot 10^6$	$1,24 \cdot 10^6$	$1,47 \cdot 10^6$
		λ_o	-	0,0124	0,0119	0,0116
		$\sum \xi$	-	4,154	4,154	4,154
		R_o	-	178,95	173,85	170,79
		H_c	м	10,22	15,23	20,92
		$Q_{гс}$	м ³ /ч	1175		
		Q_T	м ³ /ч	85,2		

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6	7
300	5	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	$1,0069 \cdot 10^6$	$1,24 \cdot 10^6$	$1,47 \cdot 10^6$
		λ_o	-	0,0124	0,0119	0,0116
		$\Sigma \xi$	-	4,154	4,154	4,154
		R_o	-	178,95	173,85	170,79
		H_c	M	15,22	20,23	25,92
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	1080		
		Q_T	$M^3/ч$	72,0		
300	10	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	$1,0069 \cdot 10^6$	$1,24 \cdot 10^6$	$1,47 \cdot 10^6$
		λ_o	-	0,0124	0,0119	0,0116
		$\Sigma \xi$	-	4,154	4,154	4,154
		R_o	-	178,95	173,85	170,79
		H_c	M	20,22	25,23	30,92
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	985		
		Q_T	$M^3/ч$	58,8		
300	15	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	$1,0069 \cdot 10^6$	$1,24 \cdot 10^6$	$1,47 \cdot 10^6$
		λ_o	-	0,0124	0,0119	0,0116
		$\Sigma \xi$	-	4,154	4,154	4,154
		R_o	-	178,95	173,85	170,79
		H_c	M	25,22	30,23	35,92
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	870		
		Q_T	$M^3/ч$	42,9		

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6	7
600	0	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	$1,0069 \cdot 10^6$	$1,24 \cdot 10^6$	$1,47 \cdot 10^6$
		λ_o	-	0,0124	0,0119	0,0116
		$\Sigma \xi$	-	4,154	4,154	4,154
		R_o	-	305,35	295,16	289,04
		H_c	M	17,44	25,86	35,41
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	1000		
		Q_T	$M^3/ч$	60,9		
600	5	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	$1,0069 \cdot 10^6$	$1,24 \cdot 10^6$	$1,47 \cdot 10^6$
		λ_o	-	0,0124	0,0119	0,0116
		$\Sigma \xi$	-	4,154	4,154	4,154
		R_o	-	305,35	295,16	289,04
		H_c	M	22,44	30,86	40,41
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	925		
		Q_T	$M^3/ч$	50,5		
600	10	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	$1,0069 \cdot 10^6$	$1,24 \cdot 10^6$	$1,47 \cdot 10^6$
		λ_o	-	0,0124	0,0119	0,0116
		$\Sigma \xi$	-	4,154	4,154	4,154
		R_o	-	305,35	295,16	289,04
		H_c	M	27,44	35,86	45,41
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	<i>пересечения с характеристикой нет</i>		
		Q_T	$M^3/ч$			

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6	7
600	15	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	$1,0069 \cdot 10^6$	$1,24 \cdot 10^6$	$1,47 \cdot 10^6$
		λ_o	-	0,0124	0,0119	0,0116
		$\Sigma \xi$	-	4,154	4,154	4,154
		R_o	-	305,35	295,16	289,04
		H_c	м	32,44	40,86	50,41
		$Q_{гс}$	$M^3/ч$	пересечения с характеристикой нет		
		Q_T	$M^3/ч$			
1000	0	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	$1,0069 \cdot 10^6$	$1,24 \cdot 10^6$	$1,47 \cdot 10^6$
		λ_o	-	0,0124	0,0119	0,0116
		$\Sigma \xi$	-	4,154	4,154	4,154
		R_o	-	473,71	456,72	446,54
		H_c	м	27,06	40,02	54,70
		$Q_{гс}$	$M^3/ч$	пересечения с характеристикой нет		
		Q_T	$M^3/ч$			
1000	5	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	$1,0069 \cdot 10^6$	$1,24 \cdot 10^6$	$1,47 \cdot 10^6$
		λ_o	-	0,0124	0,0119	0,0116
		$\Sigma \xi$	-	4,154	4,154	4,154
		R_o	-	473,71	456,72	446,54
		H_c	м	32,06	45,02	59,70
		$Q_{гс}$	$M^3/ч$	пересечения с характеристикой нет		
		Q_T	$M^3/ч$			

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6	7
1000	10	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	$1,0069 \cdot 10^6$	$1,24 \cdot 10^6$	$1,47 \cdot 10^6$
		λ_o	-	0,0124	0,0119	0,0116
		$\Sigma \xi$	-	4,154	4,154	4,154
		R_o	-	473,71	456,72	446,54
		H_c	м	37,06	50,02	64,07
		$Q_{\text{гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	пересечения с характеристикой нет		
		$Q_{\text{т}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$			
1000	15	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	$1,0069 \cdot 10^6$	$1,24 \cdot 10^6$	$1,47 \cdot 10^6$
		λ_o	-	0,0124	0,0119	0,0116
		$\Sigma \xi$	-	4,154	4,154	4,154
		R_o	-	473,71	456,72	446,54
		H_c	м	42,06	55,02	69,07
		$Q_{\text{гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	пересечения с характеристикой нет		
		$Q_{\text{т}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$			

Таблица 2.7 – Расчет производительности земснаряда УГБ-2М при очистке шламохранилищ углеобогажительных фабрик для диаметра трубопровода-пульповода 0,35 м.

L, м	H _г , м	Условн. обозн.	Ед. измер.	$Q_{\text{см}}=861,3;$ $\text{м}^3/\text{ч}$	$Q_{\text{см}}=1064,3;$ $\text{м}^3/\text{ч}$	$Q_{\text{см}}=1261,3;$ $\text{м}^3/\text{ч}$
1	2	3	4	5	6	7
300	0	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	855941	1060396	1257921
		λ_o	-	0,0127	0,0124	0,0119
		$\Sigma \xi$	-	3,584	3,584	3,584
		R_o	-	85,12	83,70	81,35
		H_c	м	4,86	7,33	9,96
		$Q_{\text{гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	пересечения с характеристикой нет		
		$Q_{\text{т}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$			

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7
300	5	Q_{cm}	m^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	855941	1060396	1257921
		λ_o	-	0,0127	0,0124	0,0119
		$\Sigma \xi$	-	3,584	3,584	3,584
		R_o	-	85,12	83,70	81,35
		H_c	м	9,86	12,33	14,96
		$Q_{Гс}$	$m^3/ч$	пересечения с характеристикой нет		
		Q_T	$m^3/ч$			
300	10	Q_{cm}	m^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	855941	1060396	1257921
		λ_o	-	0,0127	0,0124	0,0119
		$\Sigma \xi$	-	3,584	3,584	3,584
		R_o	-	85,12	83,70	81,35
		H_c	м	14,86	17,33	19,96
		$Q_{Гс}$	$m^3/ч$	1185		
		Q_T	$m^3/ч$	86,6		
300	15	Q_{cm}	m^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	855941	1060396	1257921
		λ_o	-	0,0127	0,0124	0,0119
		$\Sigma \xi$	-	3,584	3,584	3,584
		R_o	-	85,12	83,70	81,35
		H_c	м	19,86	22,33	24,96
		$Q_{Гс}$	$m^3/ч$	1055		
		Q_T	$m^3/ч$	68,6		

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7
600	0	Q_{cm}	m^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	855941	1060396	1257921
		λ_o	-	0,0127	0,0124	0,0119
		$\Sigma \xi$	-	3,584	3,584	3,584
		R_o	-	145,01	142,18	137,46
		H_c	м	8,28	12,46	16,84
		$Q_{Гс}$	$m^3/ч$	пересечения с характеристикой нет		
		Q_T	$m^3/ч$			
600	5	Q_{cm}	m^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	855941	1060396	1257921
		λ_o	-	0,0127	0,0124	0,0119
		$\Sigma \xi$	-	3,584	3,584	3,584
		R_o	-	145,01	142,18	137,46
		H_c	м	13,28	17,46	21,84
		$Q_{Гс}$	$m^3/ч$	1150		
		Q_T	$m^3/ч$	81,8		
600	10	Q_{cm}	m^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	855941	1060396	1257921
		λ_o	-	0,0127	0,0124	0,0119
		$\Sigma \xi$	-	3,584	3,584	3,584
		R_o	-	145,01	142,18	137,46
		H_c	м	18,28	22,46	26,84
		$Q_{Гс}$	$m^3/ч$	1055		
		Q_T	$m^3/ч$	68,6		

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7
600	15	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	855941	1060396	1257921
		λ_o	-	0,0127	0,0124	0,0119
		$\Sigma\xi$	-	3,584	3,584	3,584
		R_o	-	145,01	142,18	137,46
		H_c	M	23,28	27,46	31,84
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	945		
		Q_T	$M^3/ч$	53,3		
1000	0	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	855941	1060396	1257921
		λ_o	-	0,0127	0,0124	0,0119
		$\Sigma\xi$	-	3,584	3,584	3,584
		R_o	-	224,88	220,16	217,79
		H_c	M	12,85	19,29	26,68
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	1108		
		Q_T	$M^3/ч$	75,9		
1000	5	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	855941	1060396	1257921
		λ_o	-	0,0127	0,0124	0,0119
		$\Sigma\xi$	-	3,584	3,584	3,584
		R_o	-	224,88	220,16	217,79
		H_c	M	17,85	24,29	31,68
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	1010		
		Q_T	$M^3/ч$	62,3		

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7
1000	10	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	855941	1060396	1257921
		λ_o	-	0,0127	0,0124	0,0119
		$\Sigma\xi$	-	3,584	3,584	3,584
		R_o	-	224,88	220,16	217,79
		H_c	M	22,85	29,29	36,68
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	940		
		Q_T	$M^3/ч$	52,6		
1000	15	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	855941	1060396	1257921
		λ_o	-	0,0127	0,0124	0,0119
		$\Sigma\xi$	-	3,584	3,584	3,584
		R_o	-	224,88	220,16	217,79
		H_c	M	27,85	34,29	41,68
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	835		
		Q_T	$M^3/ч$	38,0		
1500	0	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	855941	1060396	1257921
		λ_o	-	0,0127	0,0124	0,0119
		$\Sigma\xi$	-	3,584	3,584	3,584
		R_o	-	324,70	317,63	305,84
		H_c	M	18,55	27,83	37,44
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	980		
		Q_T	$M^3/ч$	58,2		

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7
1500	5	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	855941	1060396	1257921
		λ_o	-	0,0127	0,0124	0,0119
		$\Sigma\xi$	-	3,584	3,584	3,584
		R_o	-	324,70	317,63	305,84
		H_c	м	23,55	32,83	43,44
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	905		
		Q_T	$M^3/ч$	47,7		
2000	0	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	855941	1060396	1257921
		λ_o	-	0,0127	0,0124	0,0119
		$\Sigma\xi$	-	3,584	3,584	3,584
		R_o	-	424,51	415,08	399,36
		H_c	м	24,25	36,37	48,92
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	880		
		Q_T	$M^3/ч$	44,3		
2000	5	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	855941	1060396	1257921
		λ_o	-	0,0127	0,0124	0,0119
		$\Sigma\xi$	-	3,584	3,584	3,584
		R_o	-	424,51	415,08	399,36
		H_c	м	29,25	41,37	53,92
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	<i>пересечения с характеристикой нет</i>		
		Q_T	$M^3/ч$			

Таблица 2.8 – Расчет производительности земснаряда УГБ-2М при очистке шламохранилищ углебогатительных фабрик для диаметра трубопровода-пульповода 0,40 м

L, м	H _г , м	Условн. обозн.	Ед. измер.	Q _{см} = 861,3; м ³ /ч	Q _{см} =1064,3; м ³ /ч	Q _{см} =1261,3; м ³ /ч
1	2	3	4	5	6	7
300	0	Q _{см}	м ³ /с	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ _о	-	0,0130	0,0126	0,0122
		Σξ	-	3,112	3,112	3,112
		R _о	-	44.70	43,74	42.77
		H _с	м	2,55	3,83	5,24
		Q _{гс}	м ³ /ч	<i>пересечения с характеристикой нет</i>		
		Q _т	м ³ /ч			
300	5	Q _{см}	м ³ /с	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ _о	-	0,0130	0,0126	0,0122
		Σξ	-	3,112	3,112	3,112
		R _о	-	44.70	43,74	42.77
		H _с	м	7,55	8,83	10,24
		Q _{гс}	м ³ /ч	<i>пересечения с характеристикой нет</i>		
		Q _т	м ³ /ч			
300	10	Q _{см}	м ³ /с	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ _о	-	0,0130	0,0126	0,0122
		Σξ	-	3,112	3,112	3,112
		R _о	-	44.70	43,74	42.77
		H _с	м	12,55	13,83	15,24
		Q _{гс}	м ³ /ч	<i>пересечения с характеристикой нет</i>		
		Q _т	м ³ /ч			

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4	5	6	7
300	15	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	44,70	43,74	42,77
		H_c	м	17,55	18,83	20,24
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	1120		
		$Q_{\text{Г}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	77,6		
600	0	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	76,15	74,21	72,28
		H_c	м	4,35	6,50	8,85
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	пересечения с характеристикой нет		
		$Q_{\text{Г}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$			
600	5	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	76,15	74,21	72,28
		H_c	м	9,35	11,50	13,85
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	пересечения с характеристикой нет		
		$Q_{\text{Г}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$			

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4	5	6	7
600	10	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	76,15	74,21	72,28
		H_c	м	14,35	16,50	18,85
		$Q_{гс}$	$M^3/ч$	1190		
		Q_T	$M^3/ч$	87,3		
600	15	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	76,15	74,21	72,28
		H_c	м	19,35	21,50	23,85
		$Q_{гс}$	$M^3/ч$	1070		
		Q_T	$M^3/ч$	70,7		
1000	0	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	118,09	114,86	111,80
		H_c	м	6,75	10,06	13,70
		$Q_{гс}$	$M^3/ч$	пересечения с характеристикой нет		
		Q_T	$M^3/ч$			

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4	5	6	7
1000	5	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	118,09	114,86	111,80
		H_c	M	11,75	10,06	13,70
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	1200		
		Q_T	$M^3/ч$	88,7		
1000	10	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	118,09	114,86	111,80
		H_c	M	16,75	20,06	23,70
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	1095		
		Q_T	$M^3/ч$	74,1		
1000	15	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	118,09	114,86	111,80
		H_c	M	21,75	20,06	23,70
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	970		
		Q_T	$M^3/ч$	56,8		

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4	5	6	7
1500	0	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	173,84	169,00	164,17
		H_c	M	9,93	14,81	20,12
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	1185		
		Q_T	$M^3/ч$	86,6		
1500	5	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	173,84	169,00	164,17
		H_c	M	14,93	19,81	25,1
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	1110		
		Q_T	$M^3/ч$	76,2		
1500	10	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	173,84	169,00	164,17
		H_c	M	19,93	24,81	30,12
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	1005		
		Q_T	$M^3/ч$	61,6		

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4	5	6	7
1500	15	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	173,84	169,00	164,17
		H_c	м	24,93	29,81	35,12
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	890		
		Q_T	$M^3/ч$	45,7		
2000	0	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	226,25	219,80	213,35
		H_c	м	12,92	19,26	26,14
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	1110		
		Q_T	$M^3/ч$	76,2		
2000	5	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	226,25	219,80	213,35
		H_c	м	17,92	24,26	31,14
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	1025		
		Q_T	$M^3/ч$	64,4		

1	2	3	4	5	6	7
2000	10	Q_{cm}	m^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	226,25	219,80	213,35
		H_c	м	22,92	29,26	36,14
		$Q_{гс}$	$m^3/ч$	930		
		Q_T	$m^3/ч$	51,2		
2000	15	Q_{cm}	m^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	741000	920400	1088100
		λ_o	-	0,0130	0,0126	0,0122
		$\Sigma\xi$	-	3,112	3,112	3,112
		R_o	-	Н.д.	Н.д.	Н.д.
		H_c	м	Н.д.	Н.д.	Н.д.
		$Q_{гс}$	$m^3/ч$	Н.д.		
		Q_T	$m^3/ч$	Н.д.		

Таблица 2.9 – Расчет производительности земснаряда УГБ-2М при очистке шламохранилищ углеобогажительных фабрик для диаметра трубопровода-пульповода 0,45 м

L, м	H _г , м	Условн. обозн.	Ед. измер.	$Q_{cm}=861,3;$ $m^3/ч$	$Q_{cm}=1064,3;$ $m^3/ч$	$Q_{cm}=1261,3;$ $m^3/ч$
1	2	3	4	5	6	7
300	0	Q_{cm}	m^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	25,58	24,91	24,38
		H_c	м	1,46	2,18	2,99
		$Q_{гс}$	$m^3/ч$	пересечения с характеристикой нет		
		Q_T	$m^3/ч$			

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6	7
300	5	Q_{cm}	m^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	25,58	24,91	24,38
		H_c	м	6,46	7,18	7,99
		$Q_{гс}$	$m^3/ч$	пересечения с характеристикой нет		
		Q_T	$m^3/ч$			
300	10	Q_{cm}	m^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	25,58	24,91	24,38
		H_c	м	11,46	12,18	12,99
		$Q_{гс}$	$m^3/ч$	пересечения с характеристикой нет		
		Q_T	$m^3/ч$			
300	15	Q_{cm}	m^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	25,58	24,91	24,38
		H_c	м	16,46	17,18	17,99
		$Q_{гс}$	$m^3/ч$	1205		
		Q_T	$m^3/ч$	89,4		

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6	7
300	20	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	25,58	24,91	24,38
		H_c	м	21,46	22,18	22,99
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	1055		
		$Q_{\text{Г}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	68,6		
300	25	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	25,58	24,91	24,38
		H_c	м	26,46	27,18	27,99
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	пересечения с характеристикой нет		
		$Q_{\text{Г}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$			
600	10	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	43,45	42,10	41,03
		H_c	м	12,48	13,69	15,03
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	пересечения с характеристикой нет		
		$Q_{\text{Г}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$			

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6	7
600	15	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	43,45	42,10	41,03
		H_c	м	17,48	18,69	20,03
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	1145		
		Q_T	$M^3/ч$	81,1		
600	20	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	43,45	42,10	41,03
		H_c	м	22,48	23,69	25,03
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	995		
		Q_T	$M^3/ч$	60,2		
600	25	Q_{cm}	M^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	43,45	42,10	41,03
		H_c	м	27,48	28,69	30,03
		$Q_{Гс}$	$M^3/ч$	пересечения с характеристикой нет		
		Q_T	$M^3/ч$			

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6	7
1000	0	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	67,26	65,00	63,22
		H_c	м	3,84	5,70	7,74
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	пересечения с характеристикой нет		
		$Q_{\text{Г}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$			
1000	5	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	67,26	65,00	63,22
		H_c	м	8,84	10,70	12,74
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	пересечения с характеристикой нет		
		$Q_{\text{Г}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$			
1000	10	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	67,26	65,00	63,22
		H_c	м	13,84	15,70	17,74
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	1220		
		$Q_{\text{Г}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	91,5		

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6	7
1000	15	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	67,26	65,00	63,22
		H_c	м	18,84	20,70	22,74
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	1085		
		$Q_{\text{Г}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	72,7		
1000	20	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	67,26	65,00	63,22
		H_c	м	23,84	25,70	27,74
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	950		
		$Q_{\text{Г}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	54,0		
1500	0	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	97,02	93,66	90,98
		H_c	м	5,54	8,21	11,15
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	<i>пересечения с характеристикой нет</i>		
		$Q_{\text{Г}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$			

Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6	7
1500	5	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma \xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	97,00	93,64	90,96
		H_c	м	10,54	13,21	16,15
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	1260		
		$Q_{\text{Т}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	97,0		
1500	10	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma \xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	97,00	93,64	90,96
		H_c	м	15,54	18,21	21,15
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	1150		
		$Q_{\text{Т}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	81,8		
1500	15	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma \xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	97,00	93,64	90,96
		H_c	м	20,54	23,21	26,15
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	1025		
		$Q_{\text{Т}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	64,4		

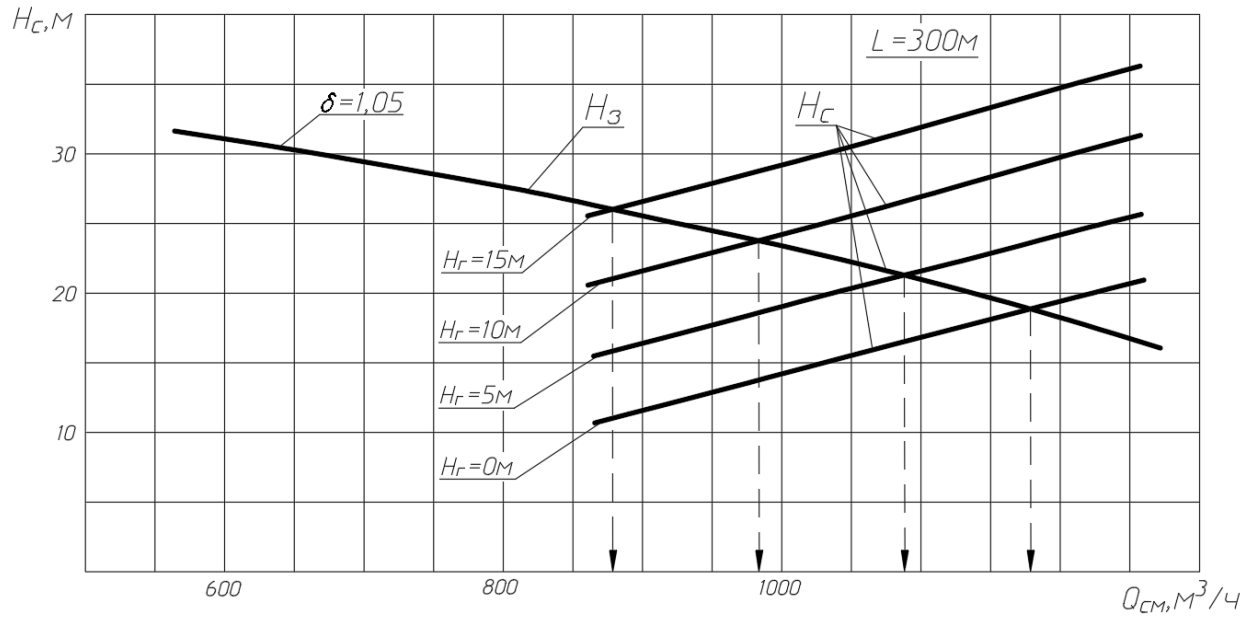
Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6	7
1500	20	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	97,00	93,64	90,96
		H_c	м	25,54	28,21	31,15
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	875		
		$Q_{\text{Г}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	43,6		
2000	0	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	126,75	122,28	118,7
		H_c	м	7,24	10,71	14,54
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	пересечения с характеристикой нет		
		$Q_{\text{Г}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$			
2000	5	$Q_{\text{см}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	126,75	122,28	118,7
		H_c	м	12,24	15,71	19,54
		$Q_{\text{Гс}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	1190		
		$Q_{\text{Г}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	87,3		

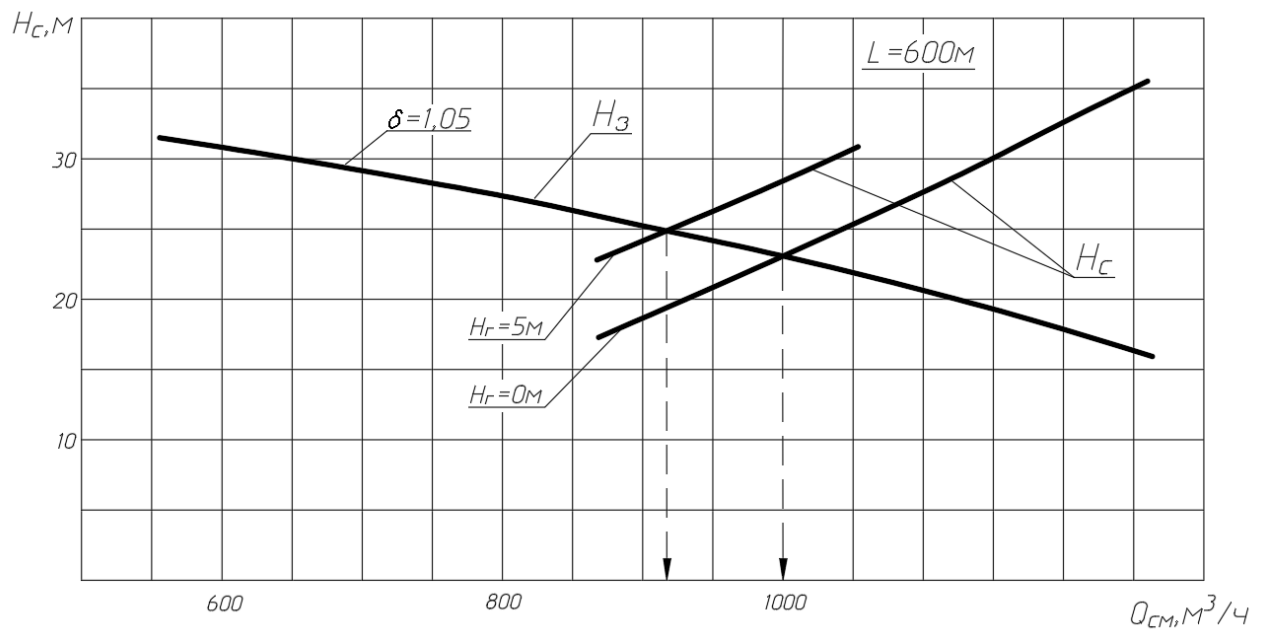
Продолжение таблицы 2.9

1	2	3	4	5	6	7
2000	10	Q_{cm}	m^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	126,75	122,28	118,7
		H_c	м	17,24	20,71	24,54
		$Q_{гс}$	$m^3/ч$	1080		
		Q_T	$m^3/ч$	72,0		
2000	15	Q_{cm}	m^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	126,75	122,28	118,7
		H_c	м	22,24	25,71	29,54
		$Q_{гс}$	$m^3/ч$	970		
		Q_T	$m^3/ч$	56,8		
2000	20	Q_{cm}	m^3/c	0,239	0,296	0,350
		Re	-	672772	828713	984653
		λ_o	-	0,0133	0,0128	0,0124
		$\Sigma\xi$	-	2,839	2,839	2,839
		R_o	-	126,75	122,28	118,7
		H_c	м	27,24	30,71	34,54
		$Q_{гс}$	$m^3/ч$	<i>пересечения с характеристикой нет</i>		
		Q_T	$m^3/ч$			

Определив значение величин R_o и H_c строим характеристику сопротивления внешней сети гидротранспортной установки для принятых условий (рисунки 2.5-2.8). На этих рисунках приведена графическая зависимость H_z - характеристика земснаряда УГБ-2М.

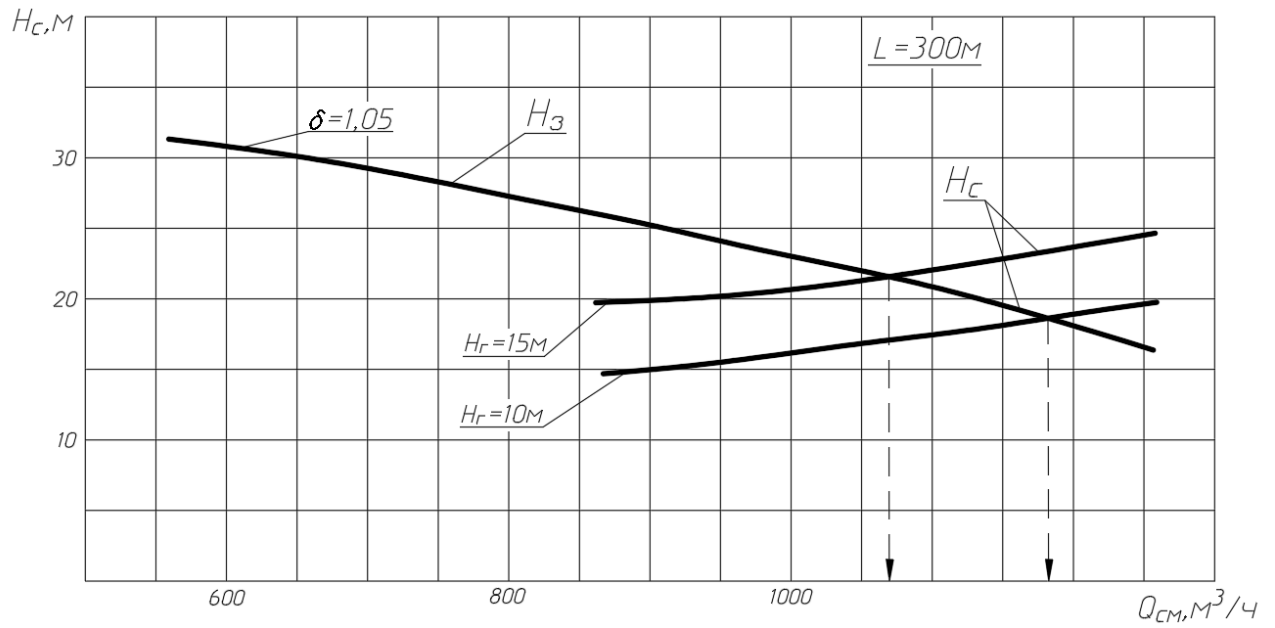


а) Расстояние транспортирования гидросмеси – 300м.

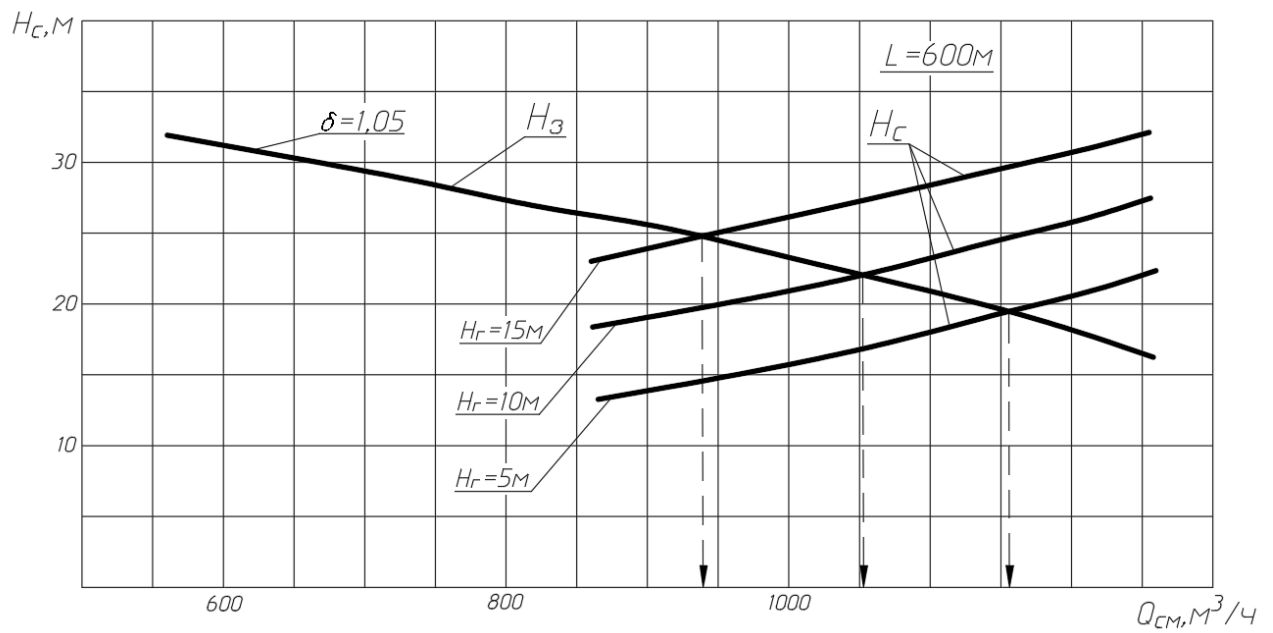


а) Расстояние транспортирования гидросмеси – 600м.

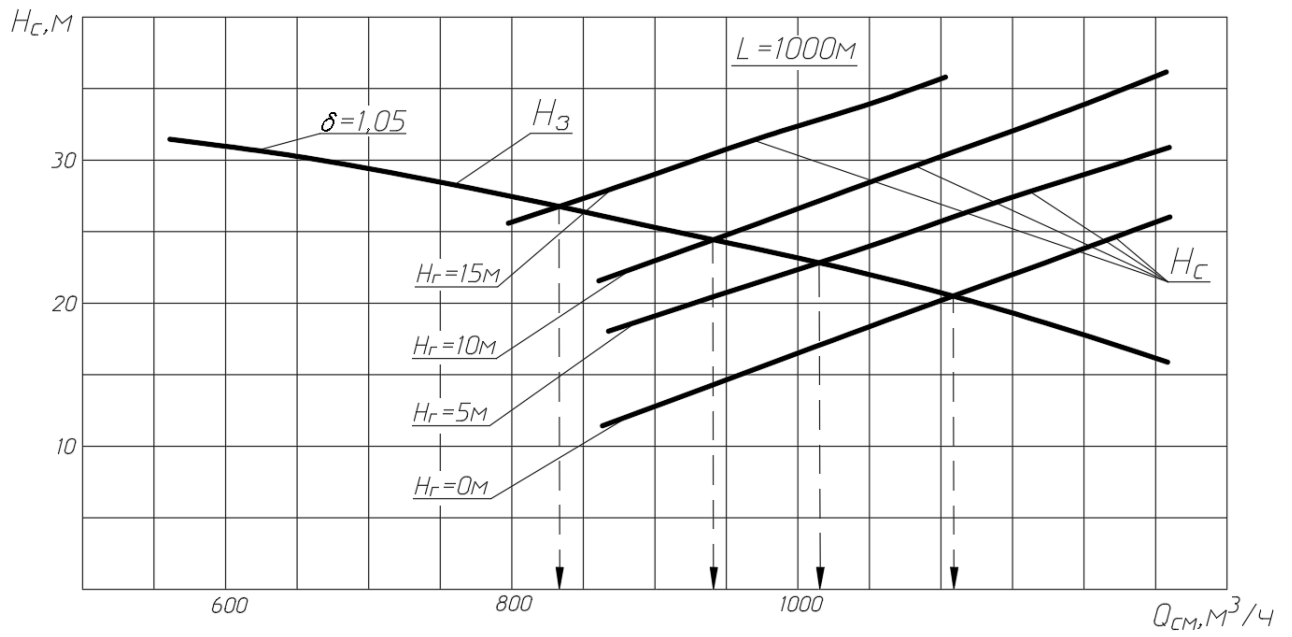
Рисунок 2.5 - Определение «рабочей точки» - места пересечения характеристики земснаряда и внешней сети при диаметре пульповода 0,30 м.



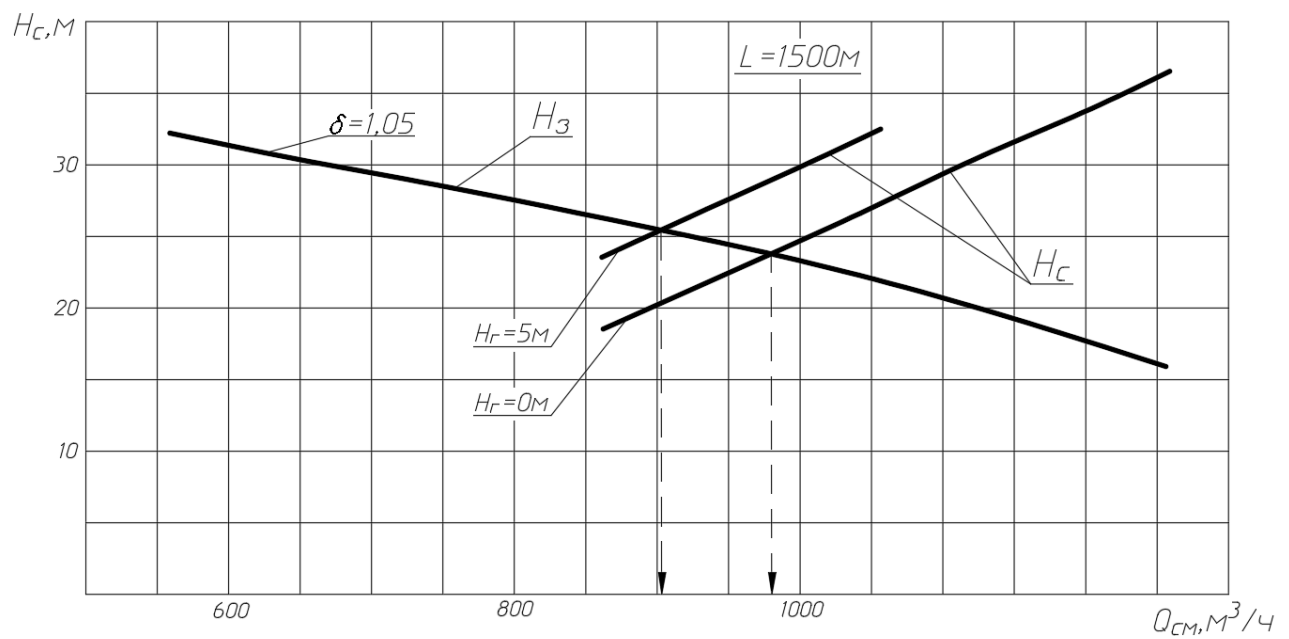
а) Расстояние транспортирования гидросмеси – 300 м.



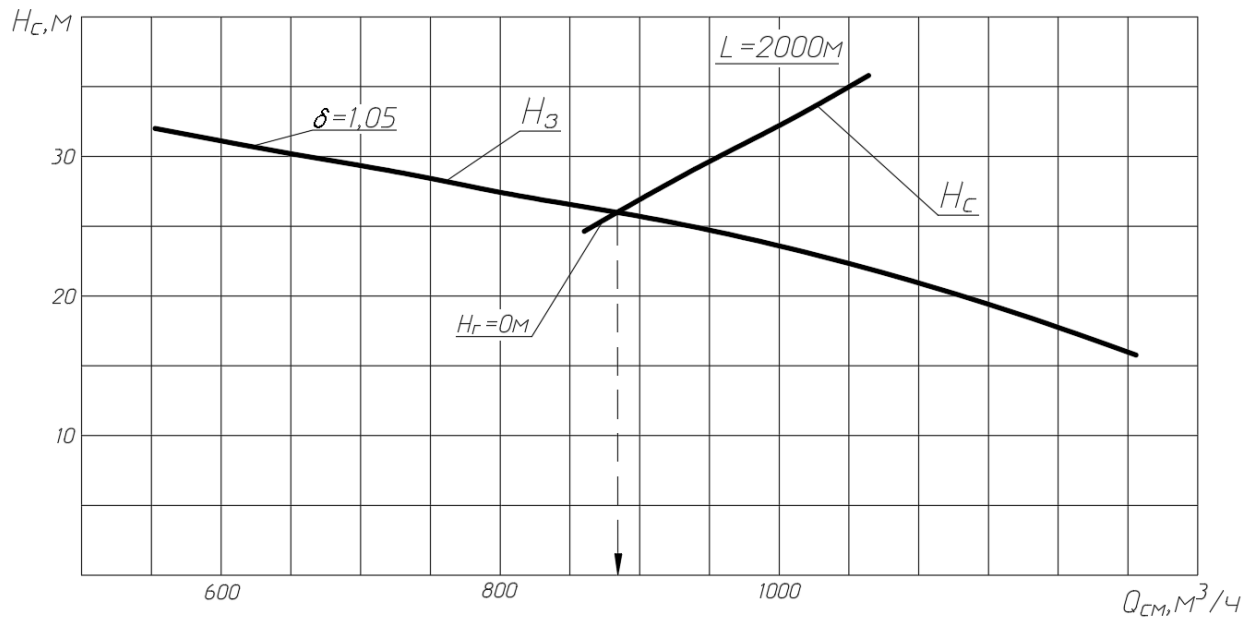
б) Расстояние транспортирования гидросмеси – 600 м.



в) Расстояние транспортирования гидросмеси – 1000 м.

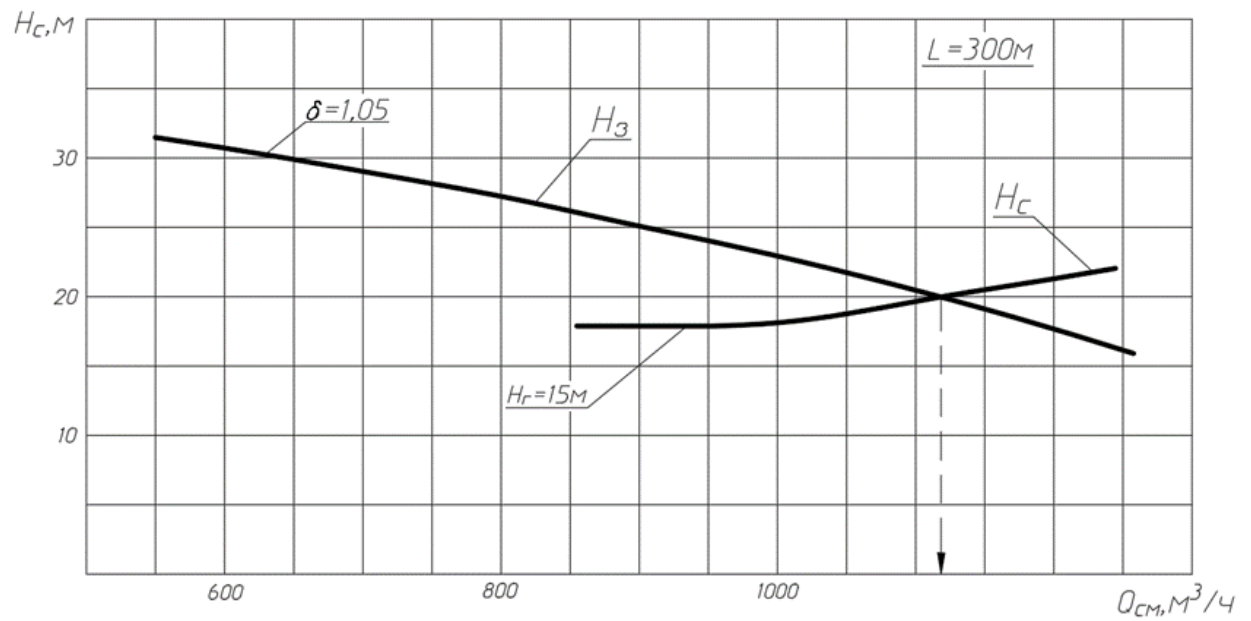


г) Расстояние транспортирования гидросмеси – 1500 м.

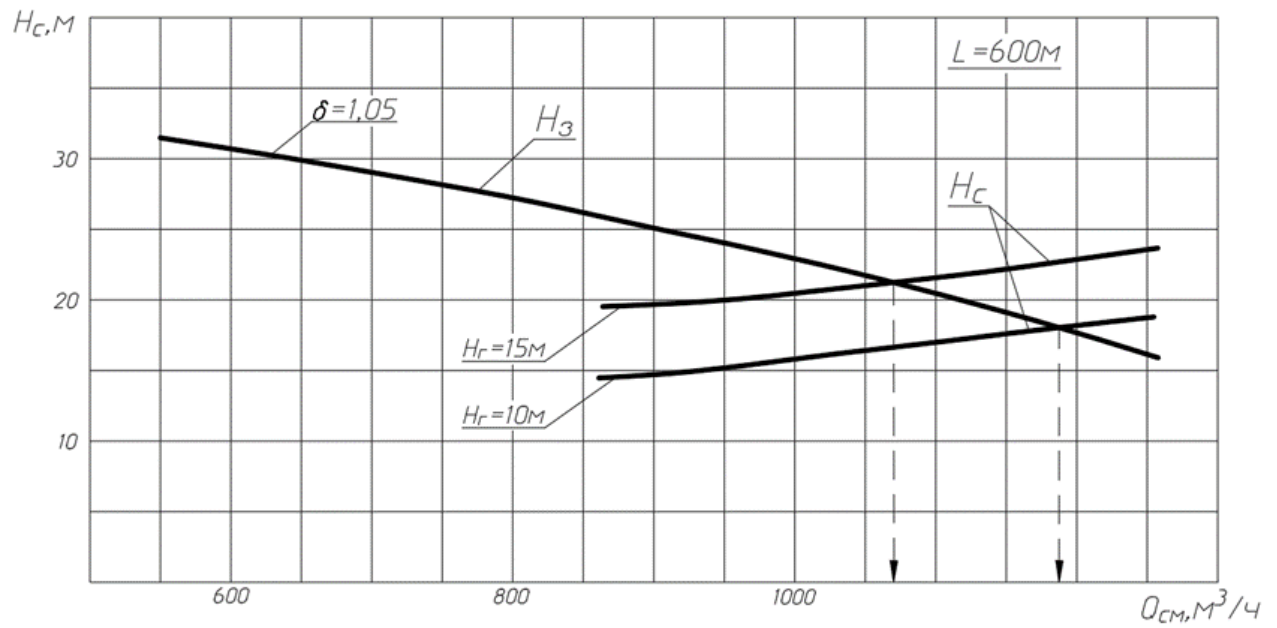


д) Расстояние транспортирования гидросмеси – 2000 м.

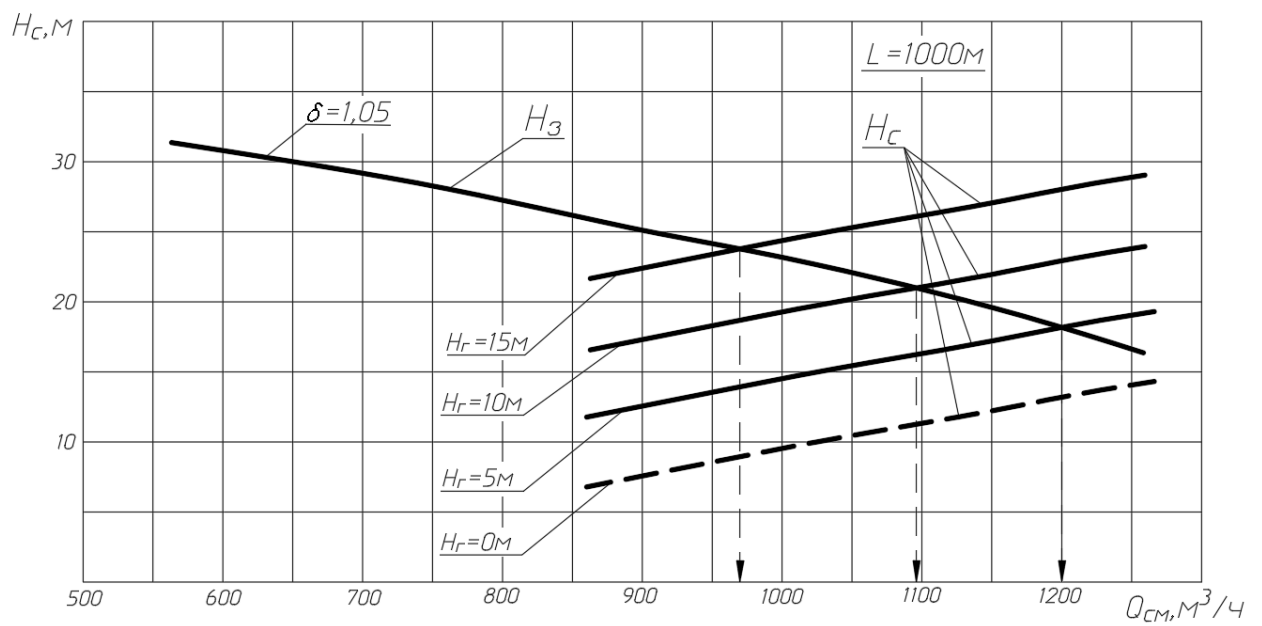
Рисунок 2.6 - Определение «рабочей точки» - места пересечения характеристики земснаряда и внешней сети при диаметре пульповода 0,35 м.



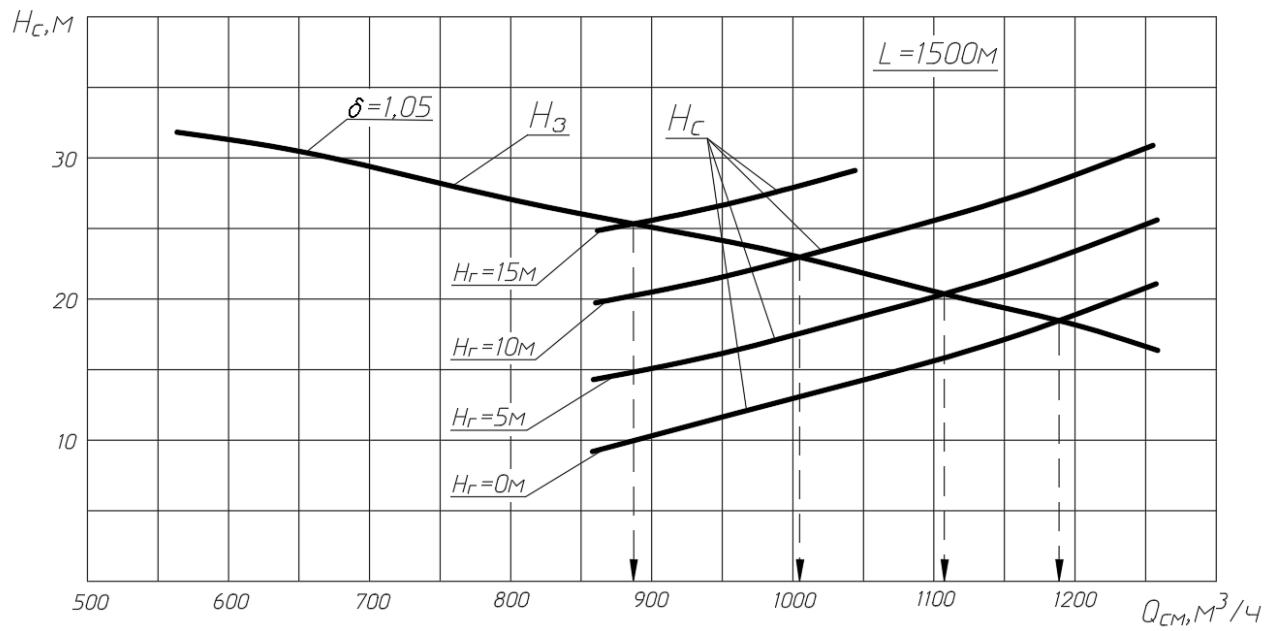
а) Расстояние транспортирования гидросмеси – 300 м.



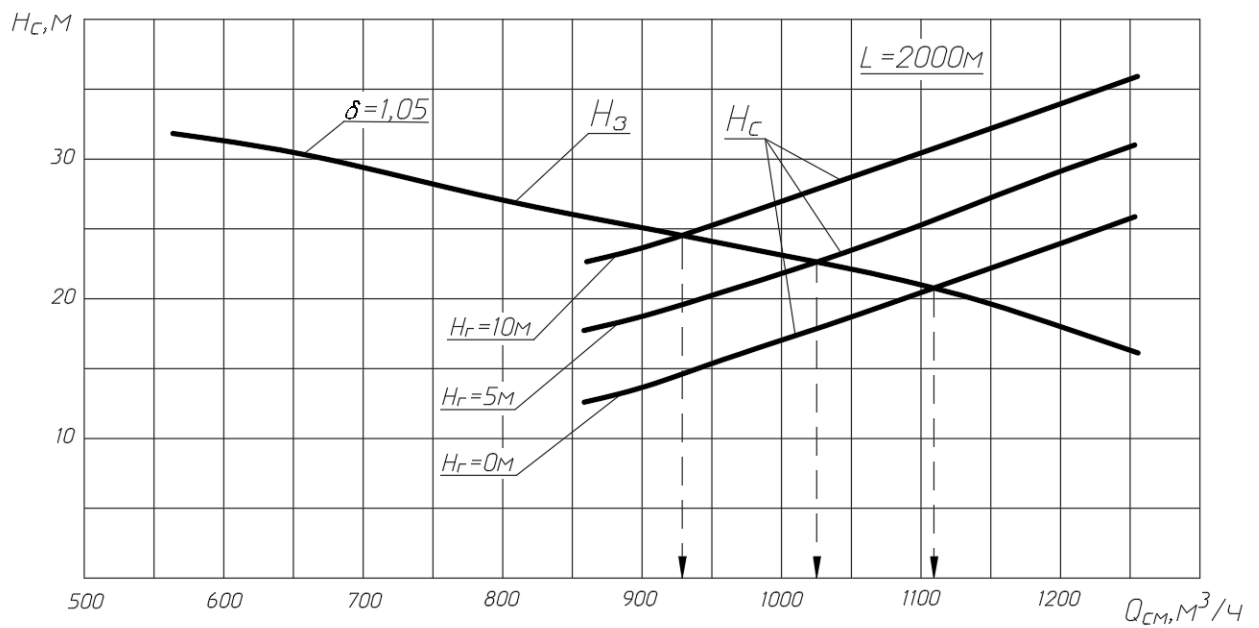
б) Расстояние транспортирования гидросмеси – 600 м.



в) Расстояние транспортирования гидросмеси – 1000 м.

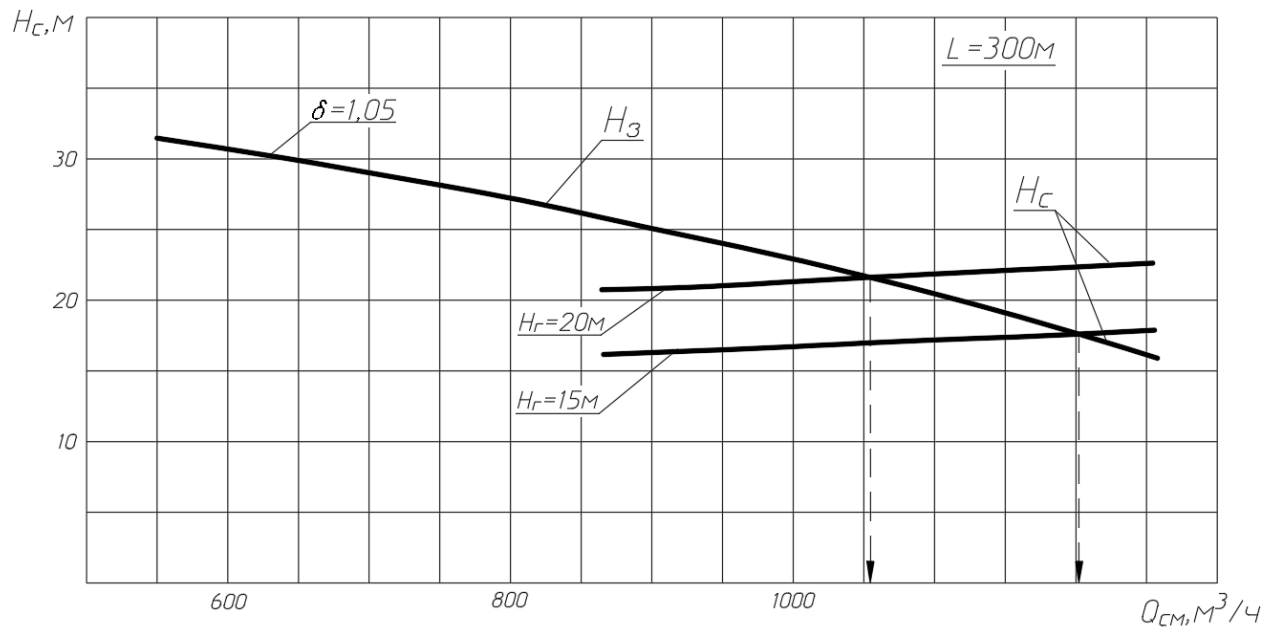


г) Расстояние транспортирования гидросмеси – 1500 м.

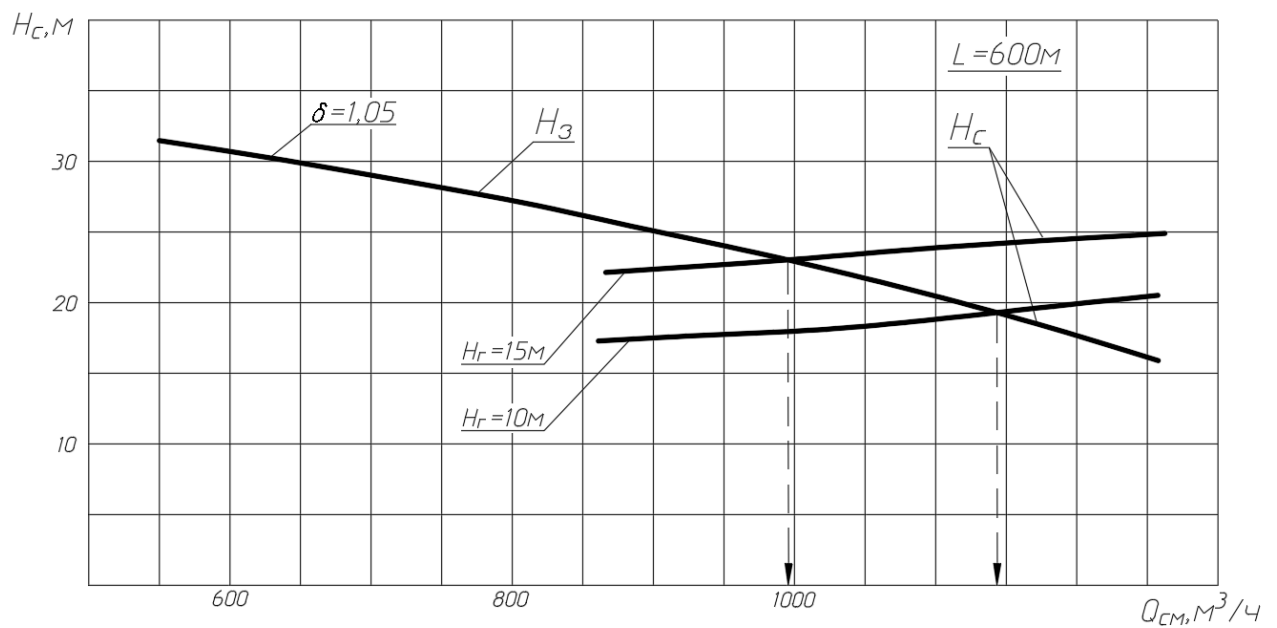


д) Расстояние транспортирования гидросмеси – 2000 м.

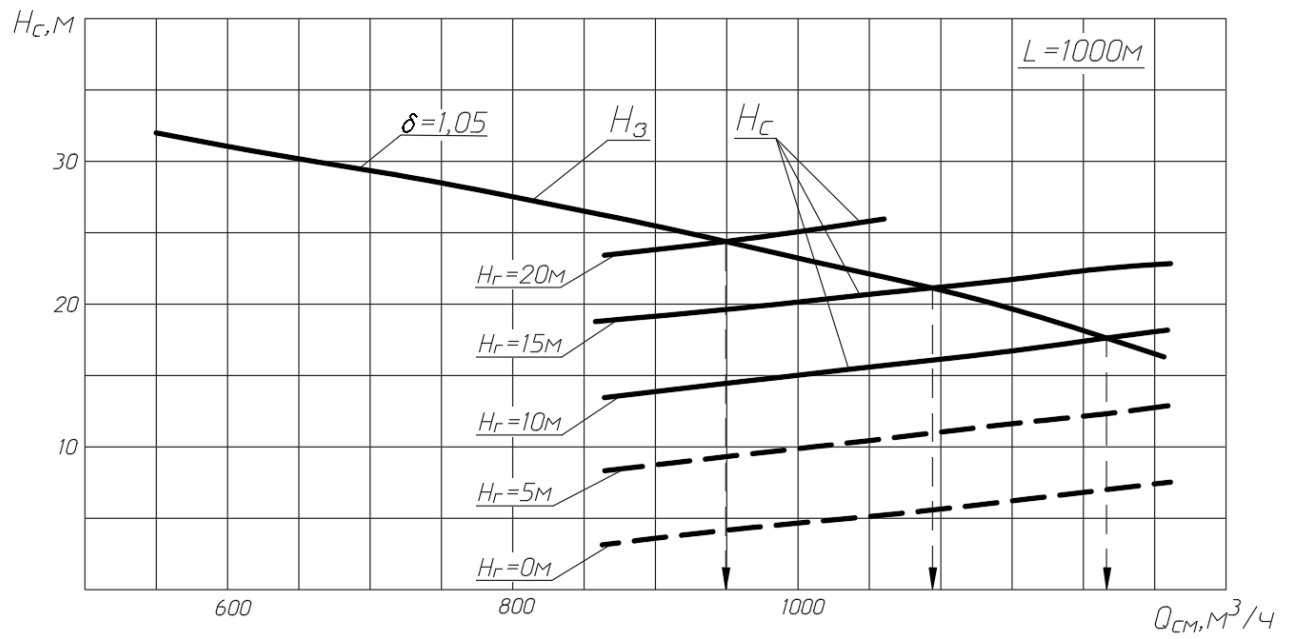
Рисунок 2.7 - Определение «рабочей точки» - места пересечения характеристики земснаряда и внешней сети при диаметре пульповода 0,40 м.



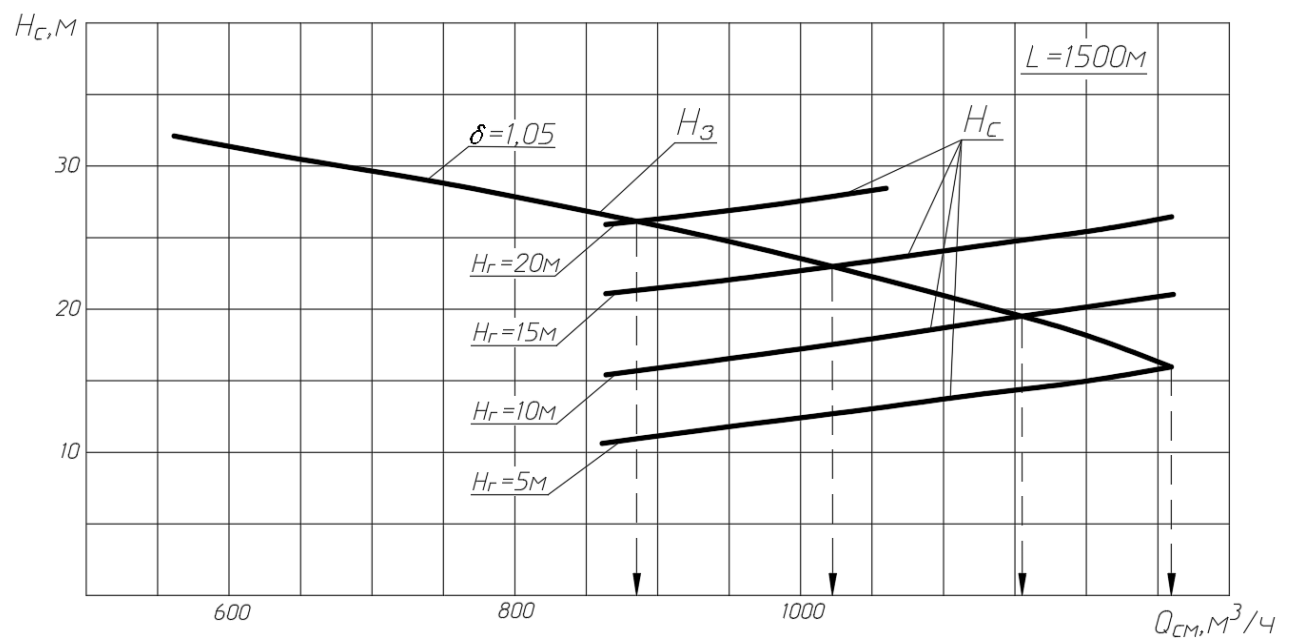
а) Расстояние транспортирования гидросмеси – 300 м.



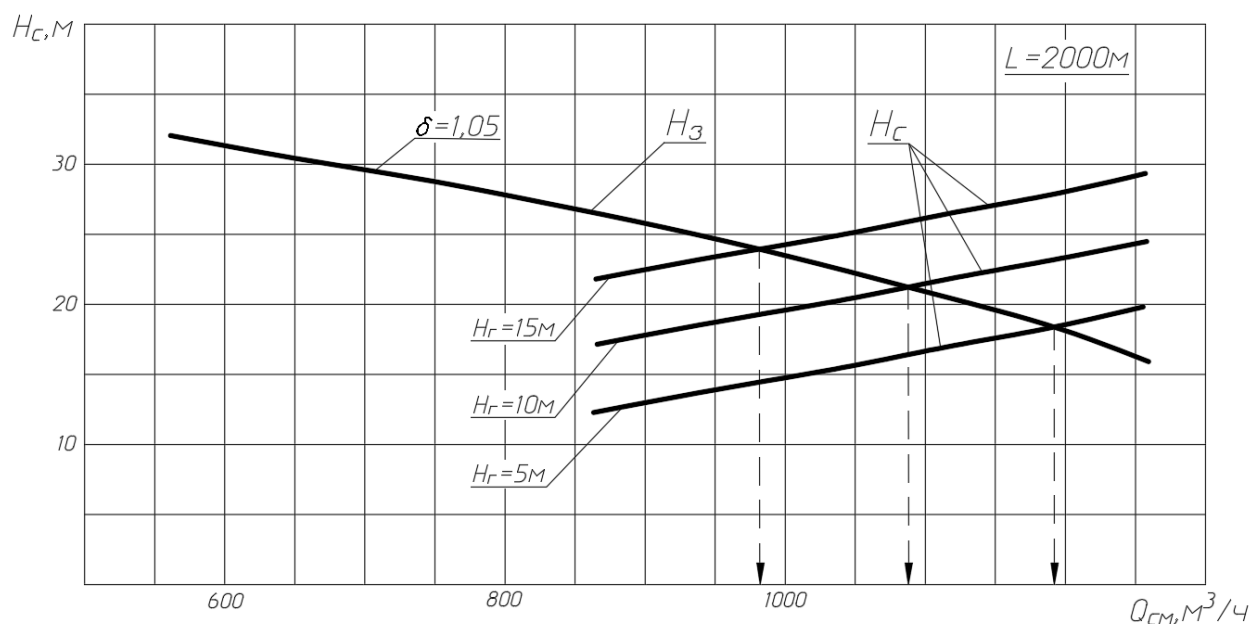
б) Расстояние транспортирования гидросмеси – 600 м.



в) Расстояние транспортирования гидросмеси – 1000 м.



г) Расстояние транспортирования гидросмеси – 1500 м.



д) Расстояние транспортирования гидросмеси – 2000 м.

Рисунок 2.8 - Определение «рабочей точки» - места пересечения характеристики земснаряда и внешней сети при диаметре пульповода 0,45 м.

Для определения «рабочей точки» - места пересечения характеристики земснаряда и внешней сети, из неё опускается перпендикуляр. Абсцисса этой точки определяет действительную (фактическую) величину подачи земснаряда по гидросмеси в соответствующих условиях его работы. Производительность по твердому (шламу) гидроэлеваторного снаряда рассчитывается по формуле (см. 2.23) [57, 63, 64]:

$$Q_T = (Q_{гс} - Q_0) : (1 - m + q_{вс}), \text{ м}^3/\text{ч}$$

где Q_0 - расход потока воды на пульпообразование, для УГБ-2М - 561,3 м³/ч.

Величины полученных значений $Q_{гс}$ и Q_T представлены в таблице 2.6-2.9.

Таблица 2.10 - Производительность по твердому (шламу) гидроэлеваторного снаряда УГБ-2М.

Д, м	L, м	Производительность УГБ-2М, Q; м ³ /ч				
		H _г =0м	H _г =5м	H _г =10м	H _г =15м	H _г =20м
0,30	300	85,2	72,0	58,8	42,9	---
	600	60,9	50,5	---	---	---
0,35	300	---	---	86,6	68,6	---
	600	---	81,8	68,6	53,3	---
	1000	75,9	62,3	52,6	38,0	---
	1500	58,2	47,7	---	---	---
	2000	44,3	---	---	---	---
0,40	300	---	---	---	77,6	---
	600	---	---	87,3	70,7	---
	1000	---	88,7	74,1	56,8	---
	1500	86,6	76,2	61,6	45,7	---
	2000	76,2	64,4	51,2	---	---
0,45	300	---	---	---	89,4	68,6
	600	---	---	---	81,1	60,2
	1000	---	---	91,5	72,7	54,0
	1500	---	97,0	81,8	64,4	43,6
	2000	---	87,3	72,0	56,8	---

Представив полученные значения производительности эжекторного земснаряда по твердому в зависимости от расстояния транспортирования гидросмеси L, получим диапазон промышленного использования земснаряда УГБ-2М, который определяет технические границы изменения его основных параметров (рисунок 2.9). Минимальное значение часовой производительности по твердому составляет ≈ 35 м³/ч, а максимальное - ≈ 100 м³/ч. Устойчивая, безаварийная работа эжекторного земснаряда УГБ-2М обеспечивается в пределах расстояния транспортирования гидросмеси от 250 м до 2100 м. Геодезической высота подъема гидросмеси - H_г не превышает значение 20 м. Установлены диаметры пульповода от D=0,30 м до 0,45 м и соответствующая им производительность земснаряда, исключающая возможное заиливания трубопровода, в зависимости от H_г и L.

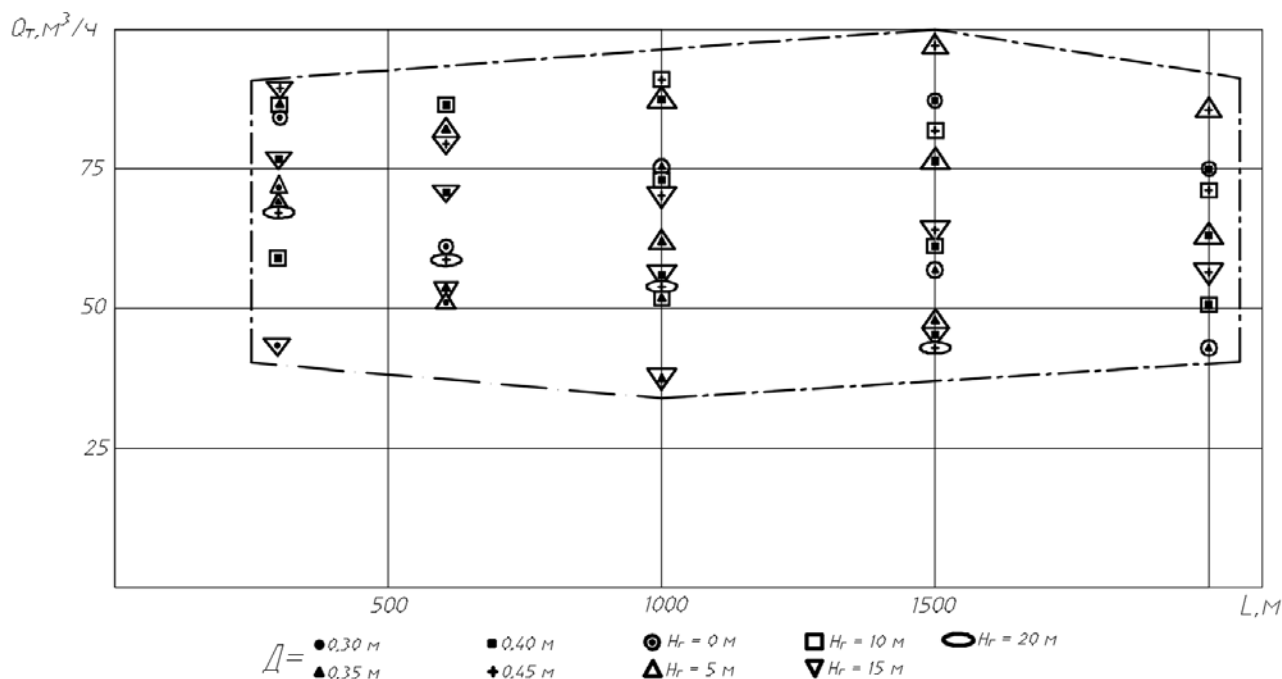


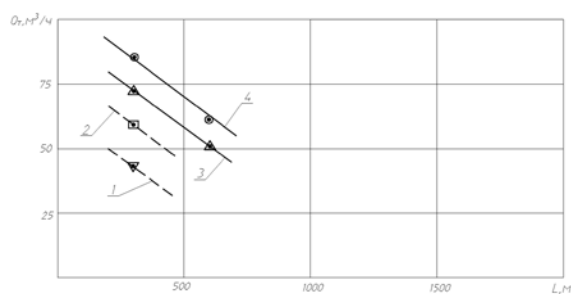
Рисунок 2.9 - Диапазон промышленного использования земснаряда УГБ-2М

2.4 Определение эмпирических зависимостей производительности гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М в зависимости от расстояния транспортирования гидросмеси и геодезической высоты её подъема при различных диаметрах трубопровода

В предыдущих разделах этой главы были установлены значения часовой производительности эжекторного земснаряда УГБ-2М по твердому при очистке шламохранилища в зависимости от расстояния транспортирования гидросмеси, геодезической высоты её подъема при различных диаметрах трубопровода, которые представлены в таблице 2.10.

Построив графики зависимостей изменения производительности земснаряда для каждого из технически возможных диаметров пульповода (от $D=0,30$ м до 0,45 м), которые приведены на рисунке 2.10, замечаем характерные особенности их изменения. Прежде всего замечаем, что угол наклона графика для каждого из диаметров пульповода является постоянным. Анализ графических зависимостей изменения часовой производительности земснаряда УГБ-2М показывает, что

увеличение расстояния перемещения гидросмеси шламов с $L=300$ до 2000 м существенно уменьшает её величину.

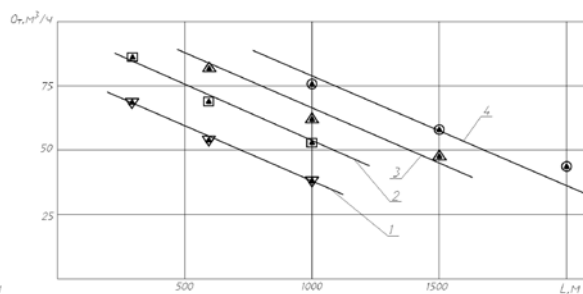


$$D=0,30 \text{ м} \quad Q_T=108-2,7H_r-0,073L$$

$$1 - Q_T=65-0,073L; \quad 2 - Q_T=81-0,073L;$$

$$3 - Q_T=94,5-0,073L; \quad 4 - Q_T=106-0,073L;$$

а)

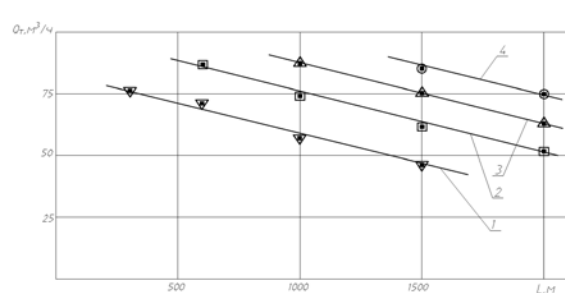


$$D=0,35 \text{ м} \quad Q_T=123-2,8H_r-0,043L$$

$$1 - Q_T=81-0,043L; \quad 2 - Q_T=98-0,043L;$$

$$3 - Q_T=110-0,043L; \quad 4 - Q_T=122-0,043L;$$

б)

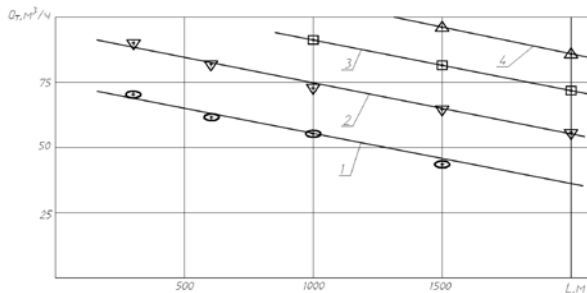


$$D=0,40 \text{ м} \quad Q_T=126-2,6H_r-0,024L$$

$$1 - Q_T=84-0,024L; \quad 2 - Q_T=100-0,024L;$$

$$3 - Q_T=113-0,024L; \quad 4 - Q_T=124-0,024L;$$

в)



$$D=0,45 \text{ м} \quad Q_T=139-3,1H_r-0,016L$$

$$1 - Q_T=74-0,016L; \quad 2 - Q_T=94-0,016L$$

$$3 - Q_T=110-0,016L; \quad 4 - Q_T=125-0,016L$$

г)

Рисунок 2.10 - графики зависимостей изменения производительности земснаряда для каждого из технически возможных диаметров пульповода.

а) $D=0,30\text{м}$; б) $D=0,35\text{м}$; в) $D=0,40\text{м}$; г) $D=0,45\text{м}$

При этом величина снижения производительности от геодезической высоты подъема гидросмеси H_r , при одном и том же значении L , зависит от диаметра пульповода D .

Следовательно, учитывая довольно сложную методику определения часовой производительности земснаряда УГБ-2М при изменении вышеуказанных параметров L и H_r , которая включает расчет параметров гидротранспорта и характеристики трубопровода (сети - H_c), а также расчет, построение

характеристики земснаряда и графо-аналитический способ определения «рабочей точки», целесообразно определить упрощенную эмпирическую зависимость для её расчета. Такая зависимость для расчета часовой производительности земснаряда по твердому (шламу) в часто изменяющихся горнотехнических условиях, например, при переносе места выпуска гидросмеси при её намыве, позволит технологам в промышленных условиях оперативно прогнозировать и принимать технические решения, учитывающие изменения горнотехнических условий функционирования предлагаемой технологии.

Вероятно, что эмпирическую зависимость можно представить в виде линейной зависимости:

$$Q_{тi} = Q_i - K_1 L - K_2 H_{г}; \text{ м}^3/\text{ч} \quad (2.22)$$

где: $Q_{тi}$ - новое значение часовой производительности земснаряда УГБ-2М; $\text{м}^3/\text{ч}$; Q_i - постоянная величина, исходное значение часовой производительности земснаряда УГБ-2М для соответствующего диаметра пульповода, $\text{м}^3/\text{ч}$; K_1 - эмпирический коэффициент, определяющий степень снижения производительности земснаряда при увеличении расстояния перемещения гидросмеси, $\text{м}^3/\text{ч}$ на 1000м; K_2 - эмпирический коэффициент, определяющий степень снижения производительности земснаряда при увеличении геодезической высоты подъема гидросмеси, $\text{м}^3/\text{ч}$ на 1м.

Очевидно, что для каждого диаметра пульповода искомая зависимость должна быть определена отдельно. Предположив, что аппроксимировать эмпирическую формулу можно для каждого из принятых значений величины $H_{г}$ в зависимости от L , а затем, установив способом наименьших квадратов расчетную формулу и эмпирический коэффициент - K_1 для всех графиков, представленных на рисунке 2.10 [60,61].

В таблице 2.11 приведены все установленные эмпирические расчетные формулы. Предположив, что величина Q_i в этих формулах является функцией величины $H_{г}$, строим графические зависимости её изменения в виде $Q_i = B = A - K_2 H_{г}$ (рисунок 2.11). Способом наименьших квадратов устанавливаем формулы для расчета величины B , которые приведены в таблице 2.11 для соответствующих

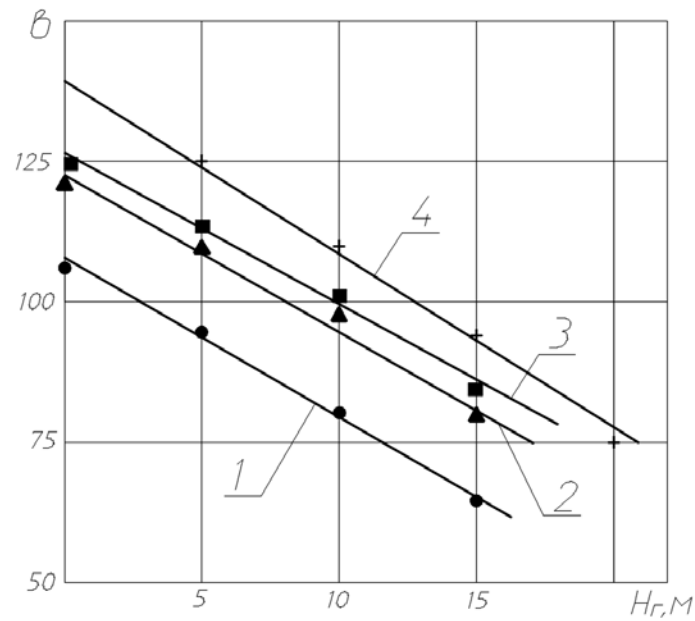
значений диаметра пульповода: для $D=0,30\text{м}$ - $B=108-2,7 \cdot H_r$; для $D=0,35\text{м}$ - $B=123-2,8 \cdot H_r$; для $D=0,40\text{м}$ - $B=126-2,6 \cdot H_r$; для $D=0,45\text{м}$ - $B=139-3,1 \cdot H_r$.

Таблица 2.11 - Эмпирические расчетные формулы для расчета производительности по твердому землесосному снаряду УГБ-2М

Д, м	Л, м	Н _г , м	Эмпирическая расчетная формула	Величина В
1	2	3	4	5
0,30	300	H _г =0	$Q_T=106,0 - 0,073 \cdot L$	$B=108-2,7 \cdot H_r$
		H _г =5	$Q_T=94,5 - 0,073 \cdot L$	
		H _г =10	$Q_T=81,0 - 0,073 \cdot L$	
		H _г =15	$Q_T=65,0 - 2,7 \cdot H_r - 0,073 \cdot L$	
	600	H _г =0	$Q_T=106 - 0,073 \cdot L$	
		H _г =5	$Q_T=94,5 - 2,7 \cdot H_r - 0,073 \cdot L$	
			$Q_T=108 - 2,7 \cdot H_r - 0,073 \cdot L$	
0,35	300	H _г =10	$Q_T=98 - 0,043 \cdot L$	$B=123-2,8 \cdot H_r$
		H _г =15	$Q_T=81 - 0,043 \cdot L$	
	600	H _г =5	$Q_T=110 - 0,043 \cdot L$	
		H _г =10	$Q_T=98 - 0,043 \cdot L$	
		H _г =15	$Q_T=81 - 0,043 \cdot L$	
	1000	H _г =0	$Q_T=123 - 0,043 \cdot L$	
		H _г =5	$Q_T=110 - 0,043 \cdot L$	
		H _г =10	$Q_T=98 - 0,043 \cdot L$	
		H _г =15	$Q_T=81 - 0,043 \cdot L$	
	1500	H _г =0	$Q_T=123 - 0,043 \cdot L$	
		H _г =5	$Q_T=110 - 0,043 \cdot L$	
	2000	H _г =0	$Q_T=123 - 0,043 \cdot L$	
			$Q_T=123 - 2,8 \cdot H_r - 0,043 \cdot L$	

Продолжение таблицы 2.11

1	2	3	4	5
0,4	300	$H_r=15$	$Q_T=84 - 0,024 \cdot L$	$B=126-2,6 \cdot H_r$
	600	$H_r=10$	$Q_T=100 - 0,024 \cdot L$	
		$H_r=15$	$Q_T=84 - 0,024 \cdot L$	
	1000	$H_r=5$	$Q_T=113 - 0,024 \cdot L$	
		$H_r=10$	$Q_T=100 - 0,024 \cdot L$	
		$H_r=15$	$Q_T=84 - 0,024 \cdot L$	
	1500	$H_r=0$	$Q_T=124 - 0,024 \cdot L$	
		$H_r=5$	$Q_T=113 - 0,024 \cdot L$	
		$H_r=10$	$Q_T=100 - 0,024 \cdot L$	
		$H_r=15$	$Q_T=84 - 0,024 \cdot L$	
	2000	$H_r=0$	$Q_T=124 - 0,024 \cdot L$	
		$H_r=5$	$Q_T=113 - 0,024 \cdot L$	
		$H_r=10$	$Q_T=100 - 0,024 \cdot L$	
			$Q_T=126 - 2,6 \cdot H_r - 0,024 \cdot L$	
0,45	300	$H_r=15$	$Q_T=110 - 0,019 \cdot L$	$B=139-3,1 \cdot H_r$
		$H_r=20$	$Q_T=74 - 0,019 \cdot L$	
	600	$H_r=15$	$Q_T=110 - 0,019 \cdot L$	
		$H_r=20$	$Q_T=74 - 0,019 \cdot L$	
	1000	$H_r=10$	$Q_T=94 - 0,019 \cdot L$	
		$H_r=15$	$Q_T=110 - 0,019 \cdot L$	
		$H_r=20$	$Q_T=74 - 0,019 \cdot L$	
	1500	$H_r=5$	$Q_T=125 - 0,019 \cdot L$	
		$H_r=10$	$Q_T=94 - 0,019 \cdot L$	
		$H_r=15$	$Q_T=110 - 0,019 \cdot L$	
		$H_r=20$	$Q_T=74 - 0,019 \cdot L$	
	2000	$H_r=5$	$Q_T=125 - 0,019 \cdot L$	
		$H_r=10$	$Q_T=94 - 0,019 \cdot L$	
		$H_r=15$	$Q_T=110 - 0,019 \cdot L$	
			$Q_T=139 - 3,1 \cdot H_r - 0,019 \cdot L$	



$$\begin{aligned}
 1 - B &= 108 - 2,7H_g \\
 2 - B &= 123 - 2,8H_g \\
 3 - B &= 126 - 2,6H_g \\
 4 - B &= 139 - 3,1H_g
 \end{aligned}$$

Рисунок 2.11- Графические зависимости для расчета величины $B=Q_i$ для принятых значений диаметра пульповода

В результате для соответствующих значений диаметра пульповода установлены эмпирические зависимости для расчета производительности по твердому землесосному снаряду УГБ-2М:

$$\text{ - для } D=0,30\text{м} - Q_T = 108 - 2,7 \cdot H_g - 0,073 \cdot L; \quad (2.23)$$

$$\text{ - для } D=0,35\text{м} - Q_T = 123 - 2,8 \cdot H_g - 0,043 \cdot L; \quad (2.24)$$

$$\text{ - для } D=0,40\text{м} - Q_T = 126 - 2,6 \cdot H_g - 0,024 \cdot L; \quad (2.25)$$

$$\text{ - для } D=0,45\text{м} - Q_T = 139 - 3,1 \cdot H_g - 0,019 \cdot L; \quad (2.26)$$

В таблице 2.12 приведены результаты статистической оценки достоверности результатов расчета производительности по твердому землесосному снаряду УГБ-2М для различных условий его работы (в пределах ранее установленных технических границ его применения) по упрощенным эмпирическим формулам [58,59, 60].

Таблица 2.12 - Расчетные данные и статистическая оценка эмпирических зависимостей для расчета производительности по твердому землесосному снаряду УГБ-2М

№ п/п	Д, м	Л, м	Н _г , м	Расчет по метод. Q _г , м³/ч	Расчет по импир. форм. Q _г ¹ , м³/ч	Δу= Q _г - Q _г ¹ , м³/ч	Δу²	Относит. ошибка Δу/Q _г , %	Примеч.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,3	300	H _г =0	85,2	86,1	0,9	0,81	1,06	
			H _г =5	72,0	72,6	0,6	0,36	0,83	
			H _г =10	58,8	59,1	0,3	0,09	0,51	
			H _г =15	42,9	45,6	2,7	7,29	6,29	
		600	H _г =0	60,9	64,2	3,3	10,89	5,42	
H _г =5	50,5		50,7	0,2	0,04	0,40			
Q _г =108 - 2,7·Н _г - 0,073·L									
Σ=				370,3		8,00	19,48	14,51	
Среднее арифметическое				61,72					
Среднее линейное отклонение						1,33			
Относительная ошибка								2,42%	
Среднеквадратич. отклонение							1,97%		
Коэффициент вариации						5,80%			
2	0,35	300	H _г =10	86,6	82,1	4,5	20,25	5,20	
			H _г =15	68,6	68,1	0,5	0,25	0,73	
		600	H _г =5	81,8	83,2	1,4	1,96	1,71	
			H _г =10	68,6	69,2	0,6	0,36	0,87	
			H _г =15	53,3	55,2	1,9	3,61	3,56	
		1000	H _г =0	75,9	80,0	4,1	16,81	5,40	
			H _г =5	62,3	66,0	3,7	13,69	5,94	
			H _г =10	52,6	52,0	0,6	0,36	1,15	
			H _г =15	38,0	38,0	0	0	0	
		1500	H _г =0	58,2	58,5	0,3	0,09	0,52	
			H _г =5	47,7	44,5	3,2	10,24	6,71	
		2000	H _г =0	44,3	37,0	7,3	53,29	16,48	
		Q _г =123 - 2,8·Н _г - 0,043·L							
Σ=				741,5		28,1	120,96	23,19	
Среднее арифмет.				61,79					
Среднее линейное отклонение						2,34			
Относительная ошибка								1,93%	
Среднеквадрат. отклонен.							3,32%		
Коэффициент вариации						5,37%			

Продолжение таблицы 2.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3	0,4	300	H _r =15	77,6	79,8	2,2	4,84	2,84		
			600	H _r =10	87,3	85,8	1,5	2,25	1,72	
				H _r =15	70,7	72,8	2,1	4,41	2,97	
		1000	H _r =5	88,7	89,0	0,3	0,09	0,34		
			H _r =10	74,1	76,0	1,9	3,61	2,56		
			H _r =15	56,8	63,0	6,2	38,44	10,92		
		1500	H _r =0	86,6	90,0	3,4	11,56	3,93		
			H _r =5	76,2	77,0	0,8	0,64	1,05		
			H _r =10	61,6	64,0	2,4	5,76	3,90		
			H _r =15	45,7	51,0	5,3	28,09	11,60		
		2000	H _r =0	76,2	78,0	1,8	3,24	2,36		
			H _r =5	64,4	65,0	0,6	0,36	0,93		
			H _r =10	51,2	52,0	0,8	0,64	1,56		
Q _r =126 - 2,6·H _r - 0,024·L										
Σ=				917,1		29,3	103,93	46,68		
Средн. арифм.				70,55						
Среднее линейное отклонение						2,25				
Относительная ошибка								3,59%		
Среднеквадрат. отклонен.							2,94%			
Коэффициент вариации						4,17%				
4	0,45	300	H _r =15	89,4	86,8	2,6	6,76	2,91		
			H _r =20	68,6	67,7	0,9	0,81	1,31		
		600	H _r =15	81,1	81,1	0	0	0		
			H _r =20	60,2	65,6	5,4	29,16	8,97		
		1000	H _r =10	95,1	89,0	6,1	37,21	6,41		
			H _r =15	72,7	73,5	0,8	0,64	1,10		
			H _r =20	54,0	58,0	4,0	16,0	7,41		
		1500	H _r =5	97,0	95,0	2,0	4,0	2,06		
			H _r =10	81,8	79,5	2,3	5,29	2,81		
			H _r =15	64,4	64,0	0,4	0,16	0,62		
			H _r =20	43,6	48,5	4,9	24,01	11,24		
		2000	H _r =5	87,3	85,5	1,8	3,24	2,06		
			H _r =10	72,0	70,0	2,0	4,0	2,78		
			H _r =15	56,8	54,5	2,3	5,29	4,05		
Q _r =139 - 3,1·H _r - 0,019·L										
Σ=				1024,00		35,5	136,57	53,73		
Средн. арифм.				73,14						
Среднее линейное отклонение						2,54				
Относительная ошибка								3,84%		
Среднеквадрат. отклонен.							3,24%			
Коэффициент вариации						4,43%				

Точность эмпирической зависимости оцениваем величиной ошибки, которая определялась по формуле:

$$\Delta y = y_i - f(x_i) = Q_r^1 - Q_r; \text{м}^3/\text{ч}, \quad (2.27)$$

где Δy – ошибка опыта; y_i – расчетное по эмпирической формуле; $f(x_i)$ – теоретическое значение.

Значения ошибки опыта и $(\Delta y)^2$ вносим в таблицу 2.12.

Среднеквадратическое отклонение определяется по формуле:

$$\sigma' = \sqrt{\frac{\sum [y_i - f(x_i)]^2}{n - 1}} \quad (2.28)$$

Результат приведен в таблице 2.12.

Для эмпирической зависимости определяем коэффициент вариации по формуле:

$$K_{\text{вар}} = \frac{\sigma' \cdot 100\%}{\bar{y}}, \quad (2.29)$$

где $\bar{y}$ – среднеарифметическое значение величины Q_T , м³/ч.

Статистическая оценка полученных эмпирических зависимостей позволила определить: среднее линейное отклонение, среднеквадратическое отклонение, относительную ошибку и коэффициент вариации, которые представлены в таблице 2.13.

Таблица 2.13 - Основные результаты статистической оценки полученных зависимостей

Параметр	Диаметр пульповода Д, м			
	0,30	0,35	0,40	0,45
Среднее линейное отклонение, м ³ /ч	1,33	2,34	2,25	2,54
Относительная ошибка, %	2,42	1,93	3,59	3,84
Среднеквадратическое отклонение, %	1,97	3,32	2,94	3,24
Коэффициент вариации, %	5,80	5,37	4,17	4,43

Таким образом, статистическая оценка полученной зависимости характеризует высокую степень достоверности результатов расчета по эмпирической формуле, что значительно упростит расчеты при выборе оптимальных параметров гидрокомплекса при совместной разработке пород гидроотвалов гидромонитором и землесосным снарядом.

Выводы по главе 2

1. Разработан методологический подход к определению принципа выбора, обоснования или расчета по современным методикам параметров технологии и режима гидротранспортирования для конкретных горнотехнических условий эксплуатации гидрокомплекса с учетом физико-механических свойств хвостов обогащения, которые обеспечат устойчивую и безопасную работу гидроэлеваторного земснаряда при очистке шламохранилищ углеобогажительных фабрик.

2. На основании анализа горнотехнических условий и организации работы водношламового хозяйства углеобогажительных фабрик Кузбасса, в соответствии с разработанным методологическим подходом, произведен расчет параметров гидротранспорта, обеспечивающих устойчивую и безопасную работу земснаряда УГБ-2М, и определен главный параметр технологии – производительность гидрокомплекса по твердому (шламу) при очистке шламохранилищ углеобогажительных фабрик.

3. В соответствии с современным и многократно проверенным графоаналитическим методом определения действительной (фактической) производительности гидротранспортного оборудования по точке пересечения характеристик земснаряда и пульповода, установлена производительность гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М при очистке шламохранилищ для различных горнотехнических условий его эксплуатации - расстояния транспортирования гидросмеси и геодезической высоты её подъема при различных диаметрах пульповода, т.е. установлен диапазон изменения его производительности в пределах зоны технического использования.

4. С целью планирования, для определения производительности гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М при очистке шламохранилища в производственных условиях, определены упрощенные эмпирические зависимости для прогнозирования изменения часовой производительности земснаряда по

твердому (шламу) для каждого из технически возможных диаметров пульповода при переносе места выпуска гидросмеси и изменении расстояния её перемещения или геодезической высоты подъема.

5. Статистическая оценка полученных зависимостей характеризует высокую степень достоверности результатов расчета по эмпирическим формулам:

- среднее линейное отклонение, 1,33-2,54 м³/ч;
- относительная ошибка, 1,93-3,84%;
- среднеквадратическое отклонение, 1,97- 3,32%;
- коэффициент вариации, 4,17-5,80 %.

ГЛАВА 3 НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ШЛАМОХРАНИЛИЩ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОЭЛЕВАТОРНОГО ЗЕМСНАРЯДА И МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕЕ ПАРАМЕТРОВ

3.1 Новая технология очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик и условия ее функционирования

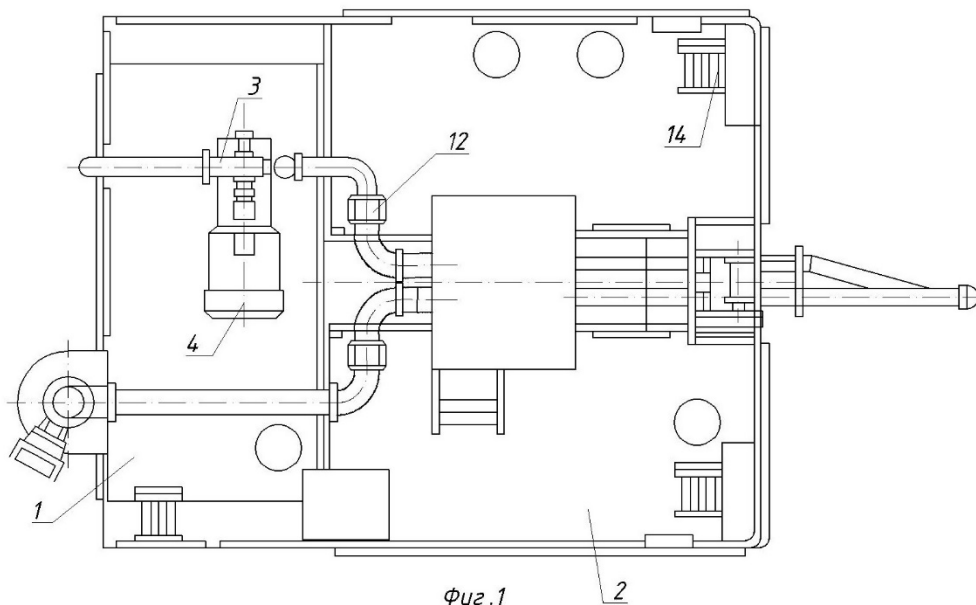
На основании проведенных в предыдущей главе исследований было установлено, что для очистки шламохранилищ обогажительных фабрик, резервуаров и отстойников, а также водоемов, используемых для осветления гидросмесей с твердым (порода, хвосты обогащения-шлам, шлак), могут быть эффективно использованы мобильные гидроэлеваторные земснаряды УГБ-2М. При этом полученные параметры, определяющие эффективность предлагаемой технологии, могут быть значительно выше.

Анализ существующих способов очистки шламохранилищ, показал, что основными процессами этой технологии являются: размыв твердой массы, забор и гидротранспортирование гидросмеси [65]. Характерными недостатками применяемых способов довольно часто является: низкая эффективность забора слежавшейся породной массы свободным всасыванием, необходимость функционирования двух гидротранспортных установок, одна из которых находится на специальном плоту, а вторая, стационарная – на берегу и необходимость непрерывного возврата осветленной технологической воды в шламохранилище по специальному трубопроводу.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к предлагаемому способу очистки шламохранилищ обогажительных фабрик является применением гидроэжектора в качестве заборного органа, который интенсифицирует всасывание водопородной смеси и перемещается по поверхности (посредством тельфера), подает гидросмесь в заливной бак и далее по пульповоду до центрального шлагоотстойника. [67].

Главными недостатками этого способа являются: принцип перемещения гидроэжектора, ограничивающий возможности его применения на шламохранилищах большой площади, раздельное расположение высоконапорного водяного насоса и гидроэжектора, что повышает опасность ведения работ и необходимость непрерывного возврата осветленной технологической воды по специальному трубопроводу.

Предлагаемый способ поясняется чертежами, где на рисунке 3.1 показано строение и оснащение плавсредства, а также оборудования размещенное на нем. По сути, эта установка является гидроэлеваторным (эжекторным) землесосным снарядом для подводной гидравлической разработки хвостов с целью очистки шламонакопителей обогатительных фабрик и состоит из корпуса, выполненного в виде П-образного в плане понтона. Он формируется из одной поперечной секции 1 - кормовой секции и жестко присоединенных к ней двух продольных секций 2. На кормовой секции размещается высоконапорный водяной насос 3, подающий воду для размыва хвостов, с двигателем 4, который может быть, как электрическим, так и дизельным. Двигатель имеет блок управления 5.



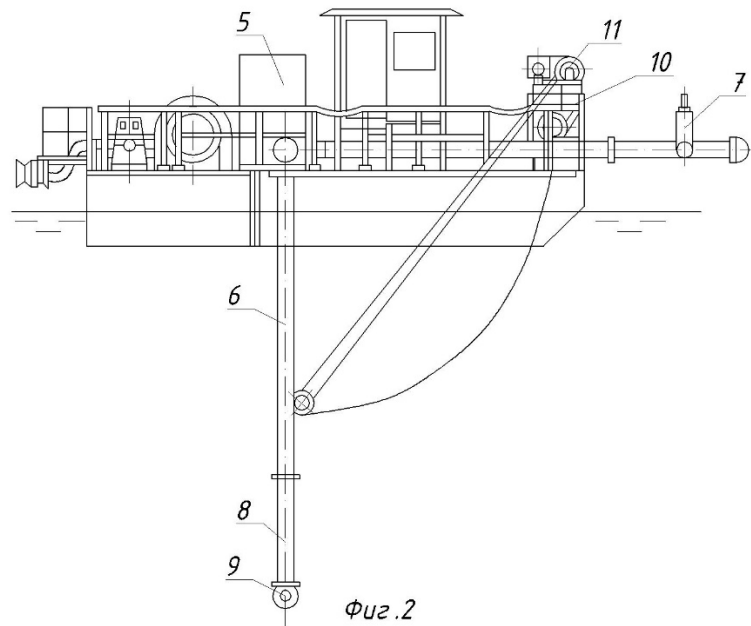


Рисунок 3.1 - Строение, оснащение плав средства и размещенное оборудования:

Фиг. 1- Вид сверху. Фиг. 2 – Общий вид.

Продольные секции 2 понтона установлены с зазором между ними, достаточным для размещения грунтозаборного устройства при подъеме и опускании. В транспортном положении грунтозаборное устройство находится в горизонтальном положении над указанным зазором. Свободные части продольных секций выполняют роль носовой части понтона.

Грунтозаборное устройство выполнено в виде эжектора 6 с гидрорыхлителем 7 для размыва шлама, и пульпоподъемное приспособление - гидроэлеватор 8 с грунтоприемником 9. Пульповод гидроэлеватора посредством шарового шарнира соединен с плавучим пульповодом.

Для подъема и опускания грунтозаборного устройства 6 в носовой части понтона размещен порталый кран 10 с лебедкой 11. Подъем и опускание грунтозаборного устройства производится путем его поворота относительно оси, размещенной в средней части понтона посредством горизонтальных шарниров 12, установленных на двух его продольных секциях 2.

В носовой и кормовой частях понтона установлены папильонажные лебедки 14 для обеспечения маневрирования установки в забое.

На рисунок 3.2 показана общая схема сооружений, объектов и коммуникаций шламохранилищ углеобогачительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов, работающих на трубопровод, который попеременно используется как пульповод и водовод.

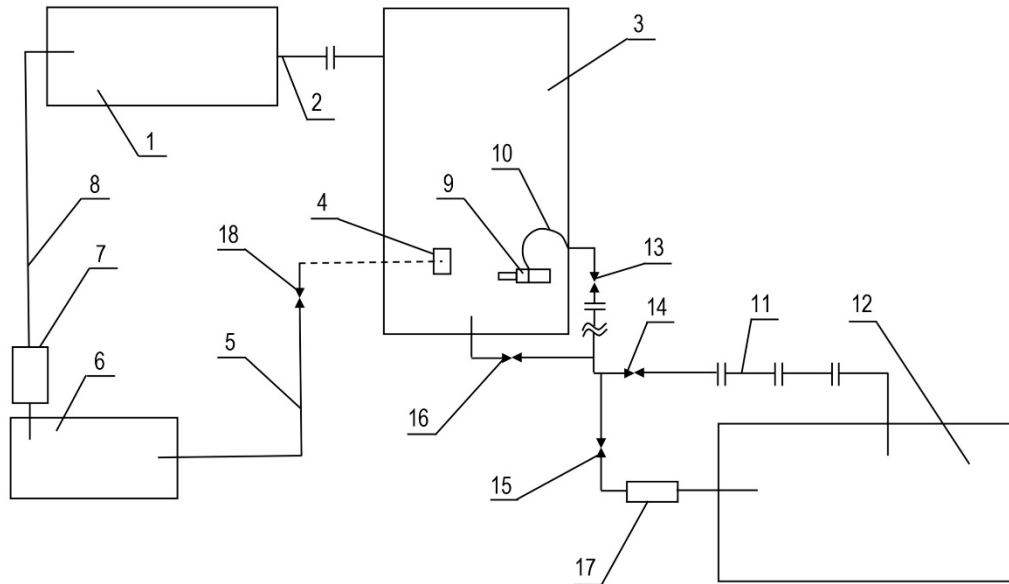


Рисунок 3.2 – Схема организации новой технологии разработки и перемещения хвостов обогащения из шламохранилищ углеобогачительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов

Способ осуществляют следующим образом. Гидросмесь шламов с обогатительной фабрики 1 по пульповоду 2 поступает в шламохранилище 3. В зимний период осветленная вода через сбросной колодец 4 по трубопроводу 5 отправляется в пруд-накопитель 6 откуда насосом 7 по водоводу 8 возвращается на обогатительную фабрику 1. В период сезона работы гидромеханизации (апрель–октябрь) в шламохранилище 3 с помощью автокрана в зону скопления осветленной воды (около водосбросного колодца 4) помещают земснаряд 9, который гибким плавучем трубопроводом 10 соединен с трубопроводом 11, по которому гидросмесь шламов перемещается в централизованный шламоотстойник 12. Когда в шламохранилище 3 возникает дефицит технологической воды, работу земснаряда останавливают, закрывают задвижки 13, 14, открывают задвижки 15, 16 и производят запуск водяного насоса 17. В результате осветленная вода из пруда-накопителя 6 по водоводу 8 возвращается на фабрику 1.

централизованного шламоотстойника 12 по трубопроводу 11 поступает в шламохранилище 3, при этом задвижка 18 должна быть закрыта.

В результате выполнения этого способа обеспечивается очистка шламохранилища земснарядом при поочередном движении воды и гидросмеси по одной трубе, что особенно важно при значительном расстоянии до централизованного шламоотстойника и высокой стоимости металлических труб, при этом в процессе перемещения по трубопроводу воды осуществляется промывка пульповода, значительно снижающая риск его заиливания, возникновения гидравлического удара и порыва (аварии).

В результате выполнения заявляемого способа происходит увеличение концентрации твердого в гидросмеси за счет того, что размыв и забор гидросмеси шламов осуществляется из подводного забоя, а не с поверхности. При этом расположение оборудования на понтоне земснаряда позволяет осуществлять его перемещения по всей территории шламохранилища и качественно очищать всю его емкость от шламов.

Предлагаемая технология подразумевает возможность обеспечения работы земснаряда в основном путем отключения системы сброса осветленной воды и создания внутри шламохранилища емкости и её заполнения технологической водой, поступающей с обогатительной фабрики по трубопроводу вместе со шламом. В процессе намыва этой гидросмеси и осаждения твердых породных частиц вода осветляется и заполняет емкость всего шламохранилища в т.ч. и уже очищенную земснарядом часть общей емкости.

Повышение эффективности использования мобильных гидроэлеваторных земснарядов УГБ-2М для очистки шламохранилищ углеобогатительных фабрик, работающих на трубопровод, который попеременно используется как пульповод и водовод, которое может быть достигнуто за счет организационно-технических мероприятий. Новая технология может быть реализована при учете ряда факторов, присущих эксплуатации оборудования гидромеханизации в совокупности с работой оборудования гидромеханизации ОФ по сбросу хвостов обогащения.

Условиями функционирования нового способа очистки шламохранилищ углеобогачительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда являются следующие соотношения параметров процессов и показателей предлагаемой технологической схемы:

1. Годовой объем шлама, намытого в шламохранилище, должен быть разработан и перемещен по пульповоду на новое место земснарядом в течение одного сезона. Математически это условие может быть записано в виде формулы:

$$V_{\text{т.год}} = Q_{\text{т}} \times (T_{\text{с}} - t_{\text{в}}) \times K_{\text{з}}; \quad (3.1)$$

где: $V_{\text{т.год}}$ – годовой объем шлама, намытого в шламохранилище, м^3 ; $Q_{\text{т}}$ – производительность гидроэлеваторного земснаряда по твердому, $\text{м}^3/\text{ч}$; N – количество земснарядов, единицы (целочисленное значение); m – пористость породы, в долях единицы; q – удельный расход воды при разработке пород земснарядом, $\text{м}^3/\text{м}^3$; $T_{\text{с}}$ – продолжительность, сезона гидромеханизации в регионе, ч; $t_{\text{в}}$ – продолжительность работы системы водоснабжения за сезон, ч; $K_{\text{з}}$ – коэффициент использования земснаряда за сезон, в долях единицы.

2. Вода, необходимая для отработки годового объема шлама должна быть обеспечена за счет сезонного ее поступления со шламом ОФ и системы подпитки из отстойника по пульповоду земснаряда в период его технического простоя (обслуживания, профилактического ремонта и т.п.). Это условие в виде математической формулы может быть записано в виде:

$$V_{\text{т.год}} \times q = V_{\text{т.год}} \times (T_{\text{с}} : T_{\text{оф}}) \times q_{\text{ф}} + V_{\text{п}} - V_{\text{и}} - V_{\text{ф}} - V_{\text{зп}} + V_{\text{с}} + V_{\text{о}}; \quad (3.2)$$

где: $q_{\text{ф}}$ – удельный расход воды в гидросмеси, поступающей с обогачительной фабрики, $\text{м}^3/\text{м}^3$; $T_{\text{с}}$ – продолжительность, сезона гидромеханизации в регионе, ч; $T_{\text{оф}}$ – годовой фонд рабочего времени ОФ, ч; $V_{\text{п}}$ – величина подпитки по пульповоду земснаряда, м^3 ; $V_{\text{и}}$ – величина потерь на испарение, м^3 ; $V_{\text{ф}}$ – потери воды на фильтрацию, м^3 ; $V_{\text{зп}}$ – потери воды в укладываемой породе (заполнение пор), м^3 ; $V_{\text{с}}$ – величина поверхностного стока, м^3 ; $V_{\text{о}}$ – остаточный запас воды к началу сезона, м^3 .

3. Требуемая величина подпитки по пульповоду земснаряда должна обеспечиваться производительностью принятого водяного насоса Q_v (17, см. рисунок 3.2) и возможностью прокачки по трубопроводу (11, см. рисунок 3.2):

$$V_{\text{п}} = t_{\text{в}} \times N \times Q_v \times K_v; \quad (3.3)$$

$$Q_v \leq 900 \times \pi \times D^2 \times v; \quad (3.4)$$

где Q_v – производительность водяного насоса системы подпитки, $\text{м}^3/\text{ч}$; K_v – коэффициент использования оборудования системы водоснабжения за сезон, в долях единицы; D – диаметр трубопровода (пульповода земснаряда) м; v – скорость движения воды в трубопроводе, оптимальное значение которой обычно составляет $2 \div 2,5$ м/с;

Соблюдение всех трех условий, т.е. система уравнений (3.5) с неизвестными: N , $t_{\text{в}}$, $V_{\text{п}}$, Q_v , определяет условия функционирования новой, предлагаемой технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда, который работает на трубопровод, который попеременно используется как пульповод и водовод:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{\text{т.год}} = Q_{\text{т}} \times N \times (T_{\text{с}} - t_{\text{в}}) \times K_z; \\ V_{\text{т.год}} \times q = V_{\text{т.год}} \times (T_{\text{с}} : T_{\text{оф}}) \times q_{\text{ф}} + V_{\text{п}} - V_{\text{и}} - V_{\text{ф}} - V_{\text{зп}} + V_{\text{с}} + V_{\text{о}}; \\ V_{\text{п}} = t_{\text{в}} \times N \times Q_v \times K_v; \\ Q_v \leq 900 \times \pi \times D^2 \times v; \end{array} \right. \quad (3.5)$$

Предлагаемое техническое решение обеспечивает снижение затрат на очистку шламохранилища. В результате разработки шлама эжектором-гидроэлеватором с гидрорыхлителем повышается плотность гидросмеси переукладываемого гидроотвала, которая транспортируется по трубопроводу и намывается в централизованный шламосборник.

Кроме того, обеспечение безопасности и оперативности управления достигается размещением на общей плавучей установке высоконапорного водяного насоса со всасывающим патрубком, эжектора (гидроэлеватора) с гидрорыхлителем, соединенные кран-балкой с понтонами и с плавучим трубопроводом, который подключен к расположенному на берегу магистральному

ставу, для транспортирования гидросмеси к месту укладки (в централизованный шламосборник).

Таким образом, при создании емкости для накопления частично осветленной воды внутри шламосборника возможно исключить прокладку дополнительного специального трубопровода для возврата (подпитки) осветленной водой.

3.2 Блок-схема алгоритма расчет параметров новой технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов и ее оптимизации

В соответствии с условиями функционирования новой геотехнологии очистки шламохранилищ, осуществляемой плавучей установкой, на которой размещаются высоконапорный водяной насос со всасывающим патрубком, эжектор (гидроэлеватор) с гидрорыхлителем, соединенные плавучим трубопроводом с береговым магистральным ставом (пульповодом) для транспортирования гидросмеси в централизованный шламосборник и произведенным во 2-й главе расчетом производительности земснаряда УГБ-2М, необходимо разработать единую комплексную методику расчета её параметров в различных горнотехнических условиях функционирования гидрокомплекса.

В нашем случае комплексная методика расчета основных параметров новой геотехнологии очистки шламохранилищ с применением гидроэлеваторных земснарядов как совокупность приёмов и задач должна прежде всего определять последовательность нацеленных действий для:

- сбора и расчета исходных данных;
- обоснования критериев с целью выбора методов расчета её основных параметров в различных горнотехнических условиях;
- выбора факторов, определяющих возможность регулировать параметры основных процессов и всей технологии с целью достижения оптимальных условий её реализации;

- выполнения расчетов параметров гидротранспорта, определяющих безопасные и эффективные условия движения гидросмесей в напорных трубопроводах в зависимости от физико-механических свойств разрабатываемых шламов;

- выполнения экономических расчетов, позволяющих, на основании сравнения вариантов, определить наиболее эффективный.

Комплексность методики заключается в том, что она включает ряд известных и многократно апробированных методов, таких как:

- выбор диаметра трубопровода, основой которого является расчет и сопоставление критической и фактической (действительной) скорости движения гидросмеси в пульповоде;

- расчет системы водоснабжения и выбор оборудования;

- расчет подачи грунтовых насосов в конкретных горнотехнических условиях эксплуатации оборудования;

- согласования систем водоснабжения и гидротранспортирования;

- расчет режимов работы насосного оборудования при их последовательном или параллельном соединении.

Предлагается следующая последовательность действий для расчета параметров системы гидротранспорта технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов и его производительности в зависимости от горнотехнических условий его работы.

На первом этапе производится выбор диаметра пульповода D , расчет параметров гидротранспорта в зависимости от расстояния гидротранспортирования $L_{тр}$ и геодезической высоты подъема гидросмеси H_g , что позволяет определить часовую производительность земснаряда по гидросмеси $Q_{см}$ и по твердому Q_t в зависимости от горнотехнических условий его работы. Для решения этой задачи следует воспользоваться блок-схемой алгоритма расчета параметров системы гидротранспорта и производительности гидроэлеваторных земснарядов УГБ-2М при очистке шламохранилищ углеобогажительных фабрик, которая представлена в разделе 2.2.3 на рисунке 2.4, который позволяет определить

параметры гидрокомплекса и рекомендовать их к реализации, оговорив условия его эксплуатации.

Установленные в работе зависимости - система уравнений (3.5), определяющая условия функционирования нового способа очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда, являются основой алгоритма оптимизации параметров новой технологии в зависимости от горнотехнических условий эксплуатации при различных диаметрах пульповода. Блок-схема этого алгоритма приведена на рисунке 3.3. Фактически он является логическим продолжением алгоритма, представленного на рисунке 2.4.

Порядок расчета параметров новой технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов по разработанному алгоритму для условий работы ОФ «Черниговская» показан в разделе 3.3.

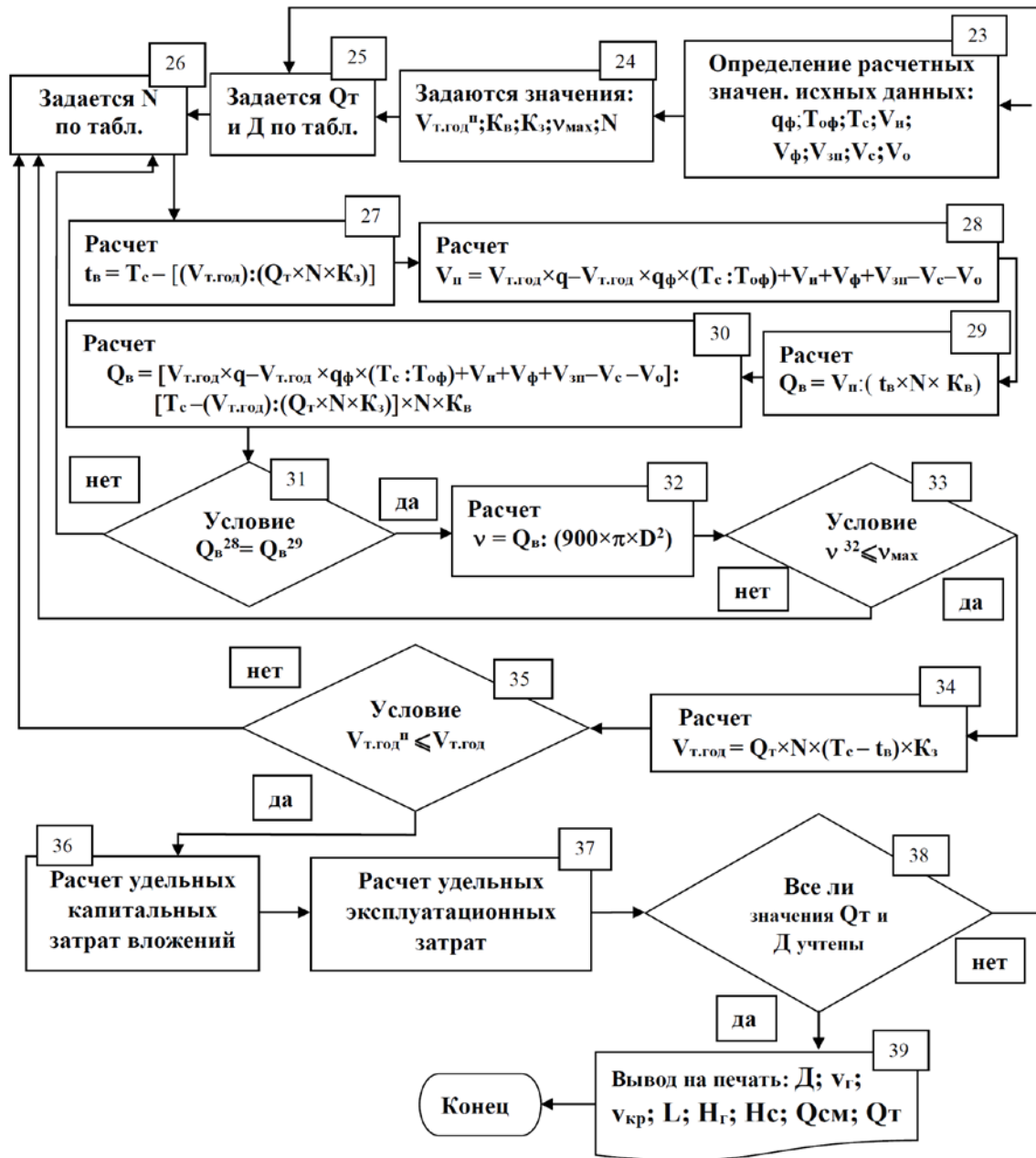


Рисунок 3.3 - Блок-схема алгоритма расчет параметров новой технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов и ее оптимизации

3.3 Параметры новой технологии очистки шламохранилищ углеобогачительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда для горнотехнических условий шламохранилища ОФ «Черниговская»

Условия функционирования нового способа очистки шламохранилищ углеобогачительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда определяются соотношением параметров процессов и показателей предлагаемой технологической схемы, которые определяются при решении системы уравнений (3.5) (см. рисунок 3.1).

В соответствии с разработанным алгоритмом выполнения расчета параметров новой технологии очистки шламохранилищ углеобогачительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов и ее оптимизации (см. рисунок 3.2) для горнотехнических условий ОФ «Черниговская» определяем:

Этап 1 - Определяются расчетные значения исходных данных:

1.1 По величине соотношения шлама V_T в [%] и воды V_B в [%], поступающей в шламонакопитель с ОФ, с учетом пористости шлама m в [дол. ед.] и его плотности ρ_T [кг/м³] определяется удельный расход воды в гидросмеси, поступающей с обогачительной фабрики q_Φ .

$$q_\Phi = [(1-m)(V_T + V_B) \rho_T - (1-m)(V_T \rho_T + V_B \rho_0)] : [(V_T \rho_T + V_B \rho_0) - (V_T + V_B) \rho_0], \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (3.6)$$

Для условий шламохранилища ОФ «Черниговская» значения плотности водошламовой гидросмеси составляет $\rho_{см} = 1110$ кг/м³; удельный расход воды в поступающей с обогачительной фабрики $q_\Phi = 6,3$ м³/м³; нормативный удельный расход воды на разработку и транспортирование шлама земснарядом УГБ-2М составляет – $q = 6,5$ м³/м³; [43, 45].

1.2 Определяем $T_{оф}$ – годовой фонд работы ОФ, час.

Он определяется режимом работы обогачительных фабрик: непрерывный, за вычетом 8 праздничных дней при 24 часах работы в сутки, и принимается 8592 часов [56].

По известной формуле определяем величину

$$T_c = N_d \times T_{cm} \times n \times K_z = 210 \times 12 \times 2 \times 0,8 = 4032 \text{ час.},$$

где: N_d - количество рабочих дней за сезон, 200-220 дн., принимаем 210; T_{cm} - время смены, 12 часов; n - число смен работы в сутки, 2; K_z - коэффициент использования земснаряда, 0,8. m - пористость шлама, 0,3 дол. ед. [23].

1.3 Рассчитывается значения V_n - величины потерь на испарение [50].

Потери на испарение рассчитываются по формуле:

$$V_n = S \cdot K_1 \cdot h_n \cdot N_m \cdot 0,001; \text{ м}^3/\text{сезон} \quad (3.7)$$

где S - площадь шламохранилища, м^2 (площадь шламохранилища ОФ разреза «Черниговец» составляет $S = 190.000 \text{ м}^2$ [13]); K_1 - коэффициент, учитывающий какую площадь гидроотвала занимает пруд-отстойник, $K_1 \approx 0,3$; N_m - число месяцев с положительным значением среднесуточных температур воздуха, для Кузбасса $N_m = 6$; h_n - высота слоя воды, испаряемой в течение месяца, определяется по материалам метеонаблюдений в Кузбассе:

$$h_n = 40 \cdot d_{\text{мес.}}^{0,8}; \text{ мм/месяц};$$

$d_{\text{мес}}$ - среднемесячный дефицит влажности воздуха, $d_{\text{мес}} = 4,0 \text{ мм}$ [50];

$$h_n = 40 \cdot (4,0)^{0,8} \approx 121,26; \text{ мм/месяц}$$

$$V_n = 190000 \cdot 0,3 \cdot 121,26 \cdot 6 \cdot 0,001 = 41471 \text{ м}^3/\text{сезон}.$$

1.4 Рассчитывается значения V_ϕ - потери воды на фильтрацию, $\text{м}^3/\text{сезон}$.

Потери воды на фильтрацию характерны для гидроотвала и происходят в его прудковой, пляжной и промежуточной зонах. Вскрышные породы, укладываемые в гидроотвал это средние и тяжелые суглинки с коэффициентом фильтрации $0,005 \div 0,003$ м/сутки и опесчаненные глины, их $K_\phi = 0,001$ м/сутки. Ложе шламохранилища обычно через несколько лет его эксплуатации полностью кольматировано мелкими частицами шлама, следовательно, учитывая также незначительную площадь шламохранилища по сравнению с гидроотвалом, потерю воды на фильтрацию можно считать незначительной величиной, $V_\phi = 0$;

1.5 Рассчитывается значение $V_{\text{зп}}$ - потери воды в укладываемой породе (заполнение пор), м³/сезон. Потери воды на заполнение пор должны учитываться, если при обогащении выделяются породные включения, которые сбрасываются в шламохранилище. В нашем случае в укладываемой породе, т.е. в хвостах ОФ поры заполняются в процессе обогащения, $V_{\text{зп}}=0$;

1.6 Рассчитывается значение V_c - величина поверхностного стока, м³/сезон. В результате обваловки вода поверхностного стока не попадает в шламохранилище, $V_c=0$;

1.7 Рассчитывается значение V_o - остаточный запас воды к началу сезона, м³/сезон. В нашем случае излишки осветленной воды осенне-зимнего периода удаляются по системе утилизации. $V_o=0$.

1.8 Определяем объем хвостов обогащения, который укладывается в шламохранилище.

Как было указано в разделе 2.2, ОФ «Черниговская» ежегодно укладывает в шламохранилище порядка 200 тыс. м³ [43].

Этап 2 - Расчет параметров новой технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда для горнотехнических условий шламохранилища ОФ «Черниговская».

2.1 В соответствии с блок-схемой алгоритма, представленной на рисунок 2.4, выполняются расчеты, которые позволяют установить производительность земснаряда УГБ-2М в зависимости от диаметра пульповода и условий гидротранспортирования.

Для условий ОФ «Черниговская» принимаем $D=0,45\text{м}$; $L=2,0\text{км}$; $H_r=10\text{м}$. В таком случае: $Q_r=72,0\text{ м}^3/\text{ч}$; $Q_{\text{год}}=290,304\text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ (см. таблице 2.7);

2.2 Решаем систему уравнений (3.5) и определяем параметры процессов и технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов: N , t_b , $V_{\text{п}}$, Q_b , v .

2.2.1 Задаемся значением скорости движения воды в трубопроводе $v=2,5$ м/с и рассчитываем величину производительности водяного насоса системы подпитки Q_v . Принимаем количество земснарядов $N=1$ и из формулы

$$V_{т.год} = Q_t \times N \times (T_c - t_b) \times K_3 \text{ системы уравнений (3.5)}$$

выразим:

$$t_b = T_c - [(V_{т.год}) : (Q_t \times N \times K_3)] = 559,778 \approx 560 \text{ ч}; \quad (3.8)$$

Это максимальное значение времени на работу системы подпитки без ущерба производительности земснаряда.

2.2.2 Из формулы (3.2) $V_{т.год} \times q = V_{т.год} \times (T_c : T_{оф}) \times q_{ф} + V_{п} - V_{и} - V_{ф} - V_{зп} + V_c + V_o$ выразим величину $V_{п}$ - необходимый объем воды для подпитки без ущерба производительности земснаряда:

$$V_{п} = V_{т.год} \times q - V_{т.год} \times q_{ф} \times (T_c : T_{оф}) + V_{и} + V_{ф} + V_{зп} - V_c - V_o = 750186,84 \text{ м}^3/\text{сез.} \quad (3.9)$$

Принимаем $V_{п} \approx 750200 \text{ м}^3/\text{сезон}$.

2.2.3 Из формулы (3.3) $V_{п} = t_b \times N \times Q_v \times K_v$, определим значение необходимой величины подачи водяного насоса системы подпитки по трубопроводу земснаряда:

$$Q_v = V_{п} : (t_b \times N \times K_v) = 1488 \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (3.10)$$

где K_v - коэффициент использования водяного насоса в периоды использования трубопровода земснаряда, $K_v = 0,9$.

2.2.4 –Для проверки подставим в зависимость (3.10) полученные формулы (3.08) и (3.09) получим расчетную зависимость для определения величины подачи водяного насоса системы подпитки по трубопровода земснаряда:

$$Q_v = [V_{т.год} \times q - V_{т.год} \times q_{ф} \times (T_c : T_{оф}) + V_{и} + V_{ф} + V_{зп} - V_c - V_o] : [T_c - (V_{т.год}) : (Q_t \times N \times K_3)] \times N \times K_v; \text{ м}^3/\text{ч} \quad (3.11)$$

$$Q_v \approx 1486 \text{ м}^3/\text{ч}$$

2.2.5 Проверяем возможность пульповода по обеспечению Q_v . Для этого в формулу $Q_v \leq 900 \times \pi \times D^2 \times v$ системы уравнений (3.5) подставим значение принятой величины скорости движения воды в трубопроводе $v=2,5$ м/с:

$$Q_v = 900 \times 3,14 \times 0,45^2 \times 2,5 = 1430,66 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (3.12)$$

2.2.6 Сравнение значений Q_v , рассчитанных по формуле (3.11) и (3.12) показывает, что требуемая подача воды может быть обеспечена при увеличении принятой величины скорости движения воды в трубопроводе.

2.2.7 Определяем требуемую скорость движения воды в трубопроводе. Из формулы $Q_v \leq 900 \times \pi \times D^2 \times v$ системы уравнений (3.5) выразим зависимость:

$$v = Q_v : (900 \times \pi \times D^2) \quad (3.13)$$

$$v = 1486 : (900 \times 3,14 \times 0,45^2) \approx 2,60 \text{ м/с}$$

Действительная скорость воды в трубопроводе превышает рекомендуемую максимальную $v = 2,5$ м/с на 0,1 м/с. Допускается величина превышения скорости движения воды в трубопроводе не более 10-20%, т.к. это приведет к возрастанию потерь напора и снижению расхода. При большей разнице значений требуется специальный расчет, возможно с увеличением времени на работу системы подпитки t_v с уменьшением производительности земснаряда.

2.2.8 Производится повторная проверка. Определим общий объем воды, который может быть подан по системе подпитки:

$$V_{\pi}^1 = Q_v \times t_v \times K_v = 1486 \times 560 \times 0,9 \approx 756000 \text{ м}^3/\text{сезон}; \quad (3.14)$$

В данном случае использования п. 2.2.9 – действия алгоритма не требуется.

2.2.9 Когда условие системы уравнений (3.5) определены, рассчитанные значения параметров процессов и технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов - N , t_v , V_{π} , Q_v , v выводятся на печать.

2.3 Основными параметрами новой технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда для горнотехнических условий шламохранилища ОФ «Черниговская» являются:

- значение плотности водшламовой гидросмеси, поступающей в шламохранилище с ОФ, составляет $\rho_{см} = 1110 \text{ кг/м}^3$;
- удельный расход воды в поступающей с обогатительной фабрики $q_{\phi} = 6,3 \text{ м}^3/\text{м}^3$;
- нормативный удельный расход воды на разработку и транспортирование шлама земснарядом УГБ-2М составляет – $q = 6,5 \text{ м}^3/\text{м}^3$;

- годовой фонд работы ОФ, $T_{\text{оф}} = 8592$ час.;
- годовой фонд работы за сезон гидромеханизации 210 дн., $T_c = 4032$ час.;
- $T_{\text{см}}$ - время смены, 12 часов;
- n -число смен работы в сутки, 2;
- K_3 - коэффициент использования земснаряда, 0,8.
- величина потерь на испарение при площади шламохранилища ОФ «Черниговская» 19га составляет $41471 \text{ м}^3/\text{сезон}$;
- для условий ОФ «Черниговская» принимаем $D=0,45\text{м}$; $L=2,0\text{км}$; $H_r=10\text{м}$;
- производительность гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М $Q_r = 72,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ или $Q_{\text{год}}=290,304$ тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$ (см. таблице 2.6, П.А.1 – П.А.4);
- максимальное значение времени на работу системы подпитки без ущерба производительности земснаряда $t_v \approx 560$ ч.;
- необходимый объем воды для подпитки без ущерба производительности земснаряда - $V_n \approx 750200 \text{ м}^3/\text{сезон}$;
- принимаем скорость движения воды в трубопроводе $v = 2,5 \text{ м/с}$;
- производительность водяного насоса системы подпитки $Q_v \approx 1500 \text{ м}^3/\text{ч}$;

Объем шламов, которые на протяжении года укладываются ОФ «Черниговская» в шламохранилище и должны разрабатываться гидроэлеваторным земснарядом за сезон гидромеханизации, составляют 200 тыс. м^3 . При применении новой технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда производительность гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М составляет - $Q_r = 72,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ или $Q_{\text{год}}=290,304$ тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$, следовательно, с большим запасом обеспечивается требование к работе гидрокомплекса даже при наиболее сложных горнотехнических условиях его работы, которые приняты в расчете ($D=0,45\text{м}$; $L=2,0\text{км}$; $H_r=10\text{м}$).

Выводы по главе 3

1. Разработана новая технология перемещения хвостов обогащения из шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов, работающих на трубопровод, который попеременно используется как пульповод и водовод.

2. Установлена система уравнений, определяющая условия функционирования и параметры технологии разработки и перемещения хвостов обогащения из шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов в зависимости от физико-механических свойств хвостов углеобогащения.

3. Разработана блок-схема алгоритма расчета параметров системы гидротранспорта и оптимизации параметров технологии разработки и перемещения хвостов обогащения из шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов в зависимости от горнотехнических условий эксплуатации при различных диаметрах трубопровода для гидросмеси.

4. Определены параметры новой технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда для горнотехнических условий шламохранилища ОФ «Черниговская».

ГЛАВА 4 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ РАБОТЫ ВОДНОШЛАМОВОГО КОМПЛЕКСА ОФ «ЧЕРНИГОВСКАЯ» С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОЭЛЕВАТОРНОГО ЗЕМСНАРЯДА

4.1 Современное состояние водошламового комплекса гидротехнических сооружений ОФ «Черниговская» и анализ эффективности его работы

ОФ «Черниговская», входящая в состав АО «Черниговец», применяет достаточно распространенную в Кузбассе схему организации водношламового хозяйства, которая показана в разделе 2.2 (см. рисунок 2.2).

Шлам с ОФ «Черниговская» в виде гидросмеси по трубопроводу транспортируется в шламохранилище, где происходит процесс его накопления, который длится, как правило, 8-9 месяцев. Шламохранилище и шламовый отстойник входят в состав комплекса гидротехнических сооружений (ГТС) обогатительной фабрики «Черниговская» АО «Черниговец». ГТС размещены на трех площадках (рисунок 4.1):

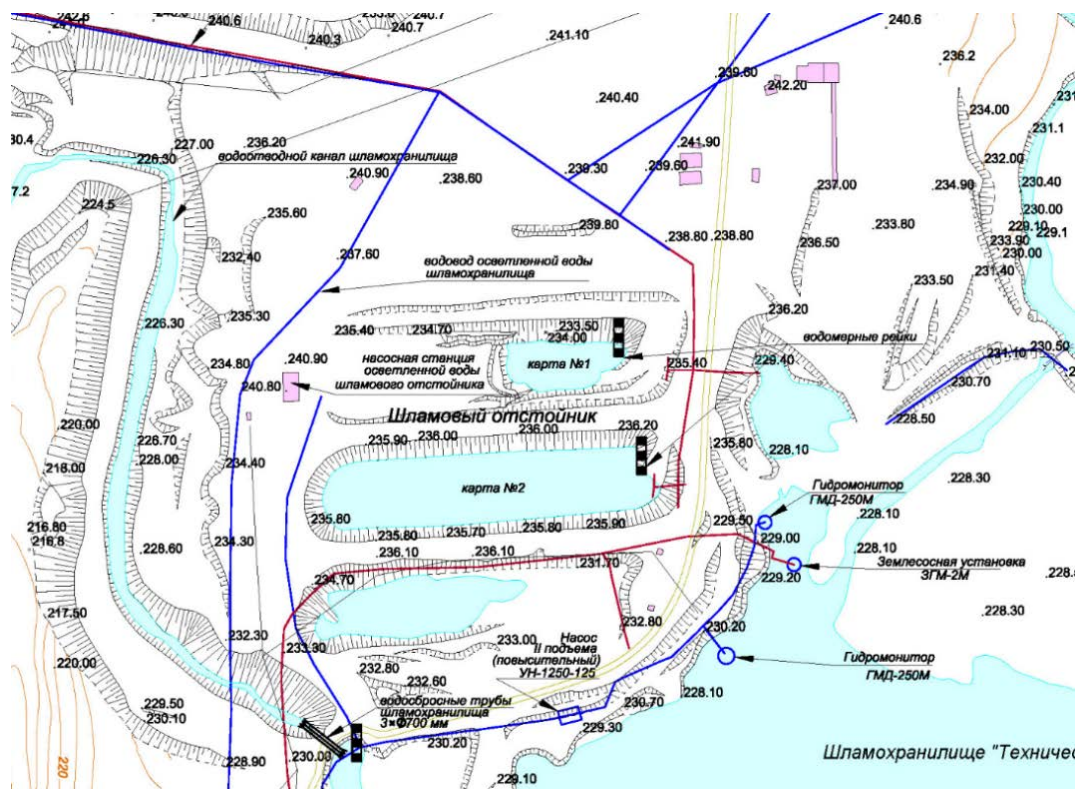


Рисунок 4.1 – Фрагмент комплекса гидротехнических сооружений (ГТС) обогатительной фабрики «Черниговская» АО «Черниговец»

- шламохранилище "Техническая вода" и шламовый отстойник расположен на расстоянии порядка 750+800 м юго-восточнее ОФ "Черниговская";
- карты инфильтрации- на Чесноковском ж/д отвале АО "Черниговец";
- илонакопитель "Красный городок" - в логу на расстоянии порядка 3 км к югу от площадки ОФ.

Общая площадь, занимаемая комплексом ГТС, составляет 37 га, в том числе: шламохранилище "Техническая вода" занимает 16,5 га, шламовый отстойник (карты №1 и №2)- 2,0 га, карты инфильтрации - 10,0 га, илонакопитель "Красный городок" - 8,5 га.

Шламохранилище "Техническая вода" - наливное, балочное, односекционное. Емкость шламохранилища образована ограждающей дамбой, перегораживающей лог, характеризуется полезным объемом и площадью 0,93 млн. м³ и 125 тыс. м² соответственно.

Годовой выход твердого: по проекту составляет ≈ 72 тыс. т/год (1080 тыс. м³ шламовых вод в год с содержанием шлама до ≈ 50 г/л); фактически выход шлама зависит от режима работы ОФ и может достигнуть объема порядка 150- 200 тыс. м³ в год. За время эксплуатации карт (с 2006 года) там уложено $\approx 0,47$ млн. м³ шлама.

В теплый период времени шламоприемная емкость подвергается размыву с использованием гидромонитора ГМД-250, а землесос ЗГМ-2М перекачивает углешламовую смесь по трубопроводу на шламовые карты, расположенные на отвале Чесноковский. На них происходит обезвоживание поступающей смеси, а после заполнения карты и ее последующего осушения, выполняются работы по очистке карты от шлама, его вывозка и складирование. После чего карта готова к приему очередной партии водошламовой смеси. Подача чистой воды, необходимой для создания давления на гидромониторе и получения необходимой по условию гидротранспортирования водошламовой смеси, поступает по трубам из водного объекта, расположенного вблизи отвала.

Ограждающая дамба шламохранилища «Техническая вода» грунтовая, талая, насыпная, из вскрышных пород, с противофильтрационным зубом из суглинка в правобережном крыле дамбы, у подошвы верхового откоса (глубина зуба до 5 м, ширина понизу 3 м, заложение откосов 1:1) и дренажным тюфяком в основании, со стороны низового откоса. Основные параметры ограждающей дамбы шламохранилища "Техническая вода": существующая отметка гребня 228,8-229,4 м (по проекту - 229,2 м); максимальная высота 19 м; длина по гребню 312 м; ширина по гребню 8-15 м (по проекту - 11,0 м); заложение верхового откоса 1:2 - 1:3 (по проекту - 1:3); заложение низового откоса 1:2 - 1:2,5 (по проекту - 1:2,5).

Водосбросные сооружения шламохранилища "Техническая вода" представлены тремя водосбросными трубами (две рабочих, одна аварийная) диаметром 700 мм (максимальная расчетная пропускная способность каждой трубы $1,53 \text{ м}^3/\text{с}$), которые устроены в правобережном примыкании дамбы к склону лога и оборудованы шиберными заслонками. Трубы служат для сброса осветленной воды из шламохранилища в водоотводной канал. Забор осветленной воды из шламохранилища "Техническая вода" предусматривался по водозаборному трубопроводу диаметром 219 мм, выполненному в виде сифона, проложенного через гребень ограждающей дамбы, на насосную станцию осветленной воды шламохранилища, расположенную в нижнем бьефе дамбы. Производительность оборудования насосной станции $180 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Водоотводной канал шламохранилища расположен с правобережной стороны шламохранилища, предназначен для отвода поверхностного стока. Используется также для отвода излишков осветленной воды, сбрасываемых из шламохранилища и характеризуется следующими основными параметрами: ширина по дну 3 м, заложение откосов 1:1,5, средний продольный уклон дна 0,0015, расчетная пропускная способность $7,0 \text{ м}^3/\text{с}$.

Шламовый отстойник - наливной, заглубленный, включает две смежные карты №1 и №2. Полный объем - $0,036 \text{ млн. м}^3$ (каждая карта по $0,018 \text{ млн. м}^3$). Полезный объем - объем осадочной части (вместимость) каждой карты $0,0109 \text{ млн. м}^3$. Максимальный проектный уровень заполнения карт шламового отстойника -

0,5 м ниже бортов (235,5 м, при минимальной проектной отметке бортов 236,0 м). Каждая карта отстойника рассчитана на прием шлама ОФ в течение 1 месяца. Карты шламового отстойника очищаются по мере необходимости.

В настоящее время карта №2 шламового отстойника используется для накопления чистой технической воды (из гидроотвала №3 разреза "Кедровский"), карта №1 шламового отстойника очищена от шлама и находится в резерве (см. рисунок 4.1).

Шламовый отстойник (карты №1 и №2) заглубленный, напорных ограждающих сооружений в своем составе не имеет. Отметка верха бортов карт отстойника - 235,8-236,5 м (по проекту 236,0 м), отметка дна карт 229,5 м, заложение откосов бортов 1:1,8-1:2,5 (по проекту 1:2), борта имеют монолитное железобетонное крепление.

Водосбросные сооружения в составе ГТС шламового отстойника не предусмотрены. Забор осветленной воды из карт шламового отстойника осуществляется по трубопроводам системы оборотного технического водоснабжения диаметром 219 мм.

Действующая в настоящее время схема эксплуатации комплекса ГТС предусматривает подачу шламовых вод с ОФ в шламохранилище "Техническая вода", откуда гидромеханизированным способом шлам перекачивается на карты инфильтрации, после обезвоживания в которых извлекается и утилизируется.

Карты инфильтрации, расположенные на Чесноковском ж/д отвале АО «Черниговец», - котлованного типа, представляют собой две смежные емкости (карты №1 и №2), вырытые в породном отвале. Полезный объем каждой карты 0,25 млн. м³. Максимальный проектный уровень заполнения карт: шламом (пляж со стороны верхового откоса) - на 0,5 м ниже отметки ограждающих сооружений, уровень воды - на 1,0 м ниже отметки ограждающих сооружений.

В картах инфильтрации на Чесноковском ж/д отвале АО "Черниговец" имеются аварийные выбросы - трубы диаметром 500 мм (по одной на каждую карту), уложенные в теле ограждающего сооружения, на уровне ≈ 1 м от гребня. Выпуск воды при помощи указанных водосбросов предусмотрен в существующий водоотводной канал и далее по нему - в шламохранилище "Техническая вода".

Забор воды из карт инфильтрации не предусмотрен, так как весь объем шламовых

вод, поступающих в карты, должен фильтроваться через массив породного отвала, и, согласно проекту, поступать в прудок гидроотвала №3 разреза "Кедровский", откуда, в свою очередь, возвращаться на гидромониторы в шламохранилище "Техническая вода" при помощи насосной станции I подъема, по водоводу. Фактически шламовая вода из инфильтрационных карт поступает в верховье шламохранилища "Техническая вода" самотеком, по рельефу, а также по водоотводному каналу.

В роли сооружения, ограждающего карты инфильтрации №1 и №2 на Чесноковском ж/д отвале АО "Черниговец", выступает техногенный насыпной массив вскрышных пород разреза (породный отвал), в котором устроены карты. В частности, напорный, северо-западный участок ограждающего сооружения карт инфильтрации характеризуется общей протяженностью 700 м, отметка по верху (гребню): карты №1 – 276-280 м; карты №2 - 280-283 м (по проекту: карты №1 - 277,9 м, карты №2 - 281,9 м), ширина по верху (гребню) 6,5-15 м (по проекту - 6,0 м), заложение откосов 1: 1,5. Назначение указанного ограждающего сооружения - создание емкости карт и осветление (фильтрация) шламовых вод.

Разделительная дамба карт инфильтрации представляет собой однородный насыпной массив из вскрышных пород, без противофильтрационных конструктивных элементов в теле и основании и, на момент обследования характеризуется следующими основными параметрами: отметка гребня 280,0-280,7 м (по проекту 281,9 м); максимальная высота 10 м; длина по гребню 200 м (по проекту 230 м); ширина по гребню 9-16 м (по проекту 6,0 м); заложение откосов 1:1,15 до 1:2 (по проекту - 1:2).

Илонакопитель "Красный городок" - наливной, овражно-балочный, односекционный, общей площадью примерно 8,5 га.

Емкость илонакопителя характеризуется полезными объемом и площадью 0,74 млн. м³ и 74 тыс. м², соответственно, а также незначительным запасом оставшейся вместимости ($\approx 0,09$ млн. м³).

Ограждающая дамба илонакопителя - насыпная, грунтовая, талая, из суглинка, без противофильтрационных устройств (конструктивных элементов) в теле и основании, характеризуется следующими основными параметрами: отметка гребня 227,3-228,5 м (по проекту - 227,0 м); максимальная - высота 17,5 м; максимальный напор 16,5 м; длина по

гребню 206 м; ширина по гребню 8-12 м (по проекту - 6,0 м); заложение и крепление верхового откоса - 1:3, крепление слоем ПГС толщиной 0,3 м; заложение и крепление низового откоса-1:2-1:2,5 (по проекту 1:2,5), крепление растительным покровом из многолетних трав (само-зарастание).

Тип дренажа - дренажный тюфяк из ПГС толщиной 0,7 м в основании ограждающей дамбы илонакопителя, со стороны низового откоса, сопряженный со сборной дренажной (каменная призма, закрытая сверху суглинком).

Водосбросное сооружение илонакопителя - труба диаметром 700 мм, уложена в левобережном примыкании ограждающей дамбы к склону, расчетная пропускная способность до $\approx 0,6 \text{ м}^3/\text{с}$.

Верховая (отсечная) дамба илонакопителя - грунтовое, насыпное, гидротехническое сооружение IV класса, предназначена для предотвращения попадания в емкость илонакопителя поверхностного стока (отсечение поверхностного стока), выполнена в верховье илонакопителя, характеризуется следующими основными параметрами: отметка гребня 235-236 м, максимальная высота 6 м, длина по гребню 60 м; ширина по гребню 10-12 м; заложение откосов - 1:2-1:2,5.

Нагорный (водоотводной) канал устроен вдоль левого и правого бортов шламохранилища, в полувыемке - полунасыпи (грунт, вынутый при устройстве канала, уложен в виде дамбы обвалования на борт со стороны емкости илонакопителя), имеет трапецевидное сечение, характеризуется следующими параметрами: протяженность 1650 м, ширина по дну до 3 м, коэффициент заложения откосов 1:1,5, глубина 1,5-5 м, средний уклон дна 0,001, максимальная расчетная пропускная способность $7,8 \text{ м}^3/\text{с}$; на левобережном участке канала имеются водоперепускные трубы - 2 шт. диаметром 700 мм.

По своему проектному назначению (складирование отходов углеобогащения и осветление оборотной воды ОФ) илонакопитель "Красный городок" не используется с 2004 года. Системы гидротранспорта и оборотного водоснабжения, обеспечивавшие эксплуатацию этого накопителя, демонтированы.

Шламохранилище "Техническая вода" эксплуатируется 37 лет (с 1976 года, шламовый отстойник - 25 лет (с 1998 года), карты инфильтрации - 13 лет (с 2006 года).

Илонакопитель "Красный городок" фактически эксплуатировался 27 лет (с 1976 по 2004 г. год), после чего складирование отходов в илонакопитель прекращено, в связи с заполнением и отсутствием необходимости использования в технологическом цикле ОФ.

Гидрологические условия. Комплекс ГТС для регулирования водотоков не предназначен. Ландшафт территории, на которой построены ГТС, нарушен в результате ведения горных работ, что обуславливает отсутствие естественных водоемов и водотоков. Поверхностный сток отводится от шламохранилища и илонакопителя по каналам.

Природно-климатические условия. Климат резко-континентальный. Среднегодовая температура воздуха минус 0,9°C. Самый холодный месяц январь, средняя температура - минус 21,8°C; самый жаркий месяц июль, средняя температура – плюс 19,8°C. Абсолютный минимум температур минус 53°C, абсолютный максимум плюс 37°C. Переход среднесуточной температуры через 0°C: весной - в апреле, осенью - в октябре. Средняя продолжительность морозного периода 258 суток. Высота снежного покрова к началу снеготаяния: на закрытых участках до 1,7 м, на открытых - 0,4-0,9 м. Среднегодовая сумма осадков 674 мм, из которых зимой выпадает 276 мм, летом 398 мм. Испарение с поверхности суши 500 мм/год, с водной поверхности 676 мм/год. Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов 2,0 м. Преобладающее направление ветров юго-западное и южное.

Анализируя принятую организацию работы водношламового хозяйства ОФ «Черниговская», прежде всего обращает на себя внимание принципиально неправильный выбор технических средств гидромеханизации для разработки шламов, намытых (уложенных) в шламохранилище "Техническая вода". Использование гидромонитора ГМД-250 для размыва пород требует формирования уступа, который разрабатывается встречным или боковым забоем, с «подрезкой», что вызывает его обрушение и разрушение пород за счет сил гравитации. Даже попутный размыв резко снижает эффективность и концентрацию твердого в пульпе. В результате чего землесосы ЗГМ-2М фактически перекачивают мутную воду, а не гидросмесь. Плотность гидросмеси, которую удастся создать при

гидромониторном размыве (по опыту разработки четвертичных вскрышных работ в Кузбассе), составляет 1,12-1,14 т/м³ (Т:Ж≈1:7). Когда разработка шламов осуществляется принятым способом, соотношение Т:Ж вероятно составляет ≈1:15.

Фактически землесос перекачивает не углешламовую смесь, а грязную воду, либо землесос ЗГМ-2М фактически перекачивает гидросмесь, поступающую с ОФ. При этом уложенные, ранее намытые шламы не разрабатываются, однако результат в принципе положительный: новые отходы обогащения не занимают место в шламохранилище "Техническая вода".

Специалистам известно, что намытые или сильно обводненные породы должны разрабатываться землесосным снарядом, который для большей эффективности оснащается специальными средствами: гидрорыхлителем, фрезами и т.п. (см. раздел 1.2.1). Применять землесосные снаряды при открытой добыче угля не принято, учитывая затраты на их приобретение и сравнительно высокую производительность по сравнению с требуемыми объемами работ. При этом установленные в работе возможности гидроэлеваторного земснаряда позволяют обосновать рекомендации по совершенствованию работы водношламового комплекса гидротехнических сооружений ОФ «Черниговская» и повышению эффективности его работы.

4.2 Рекомендации по совершенствованию технологии очистки шламохранилища углеобогадательной фабрики гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М в условиях работы водношламового комплекса гидротехнических сооружений ОФ «Черниговская»

В условиях работы водношламового комплекса гидротехнических сооружений разреза АО «Черниговец» проектом предусмотрена подача шламовых вод с ОФ не более 200 тыс. м³.

Расчеты показали, что производительность земснаряда УГБ-2М превышает требуемую для условий ОФ «Черниговская» подачу 200 тыс. м³ за сезон.

Установленные возможности гидроэлеваторного земснаряда позволяют обосновать рекомендации по совершенствованию работы водошламового комплекса гидротехнических сооружений ОФ «Черниговская» с целью повышения эффективности его работы.

Предлагается новая структура гидромеханизированного водношламового комплекса ОФ «Черниговская» с применением гидроэлеваторного земснаряда. В период сезона гидромеханизации (для Кузбасса это конец апреля – начало ноября) подача шламовых вод с ОФ осуществляется не в шламохранилище "Техническая вода", а на карту №1 шламового отстойника, которая в настоящее время очищена от шлама и находится в резерве (см. рисунок 4.1). Там формируется емкость, из которой гидросмесь шламов может забирается землесосом ЗГМ-2М, оснащенный зумпфовым гидромонитором ГМД-250 (главная задача которого формировать зону всаса и очищать ее при запуске о осевших шламов). В эту же емкость одновременно подается гидросмесь от гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М, который располагается в шламоприемной емкости шламохранилища "Техническая вода" и производит размыв ранее уложенных шламов. Землесос ЗГМ-2М по пульповоду перекачивает углешламовую смесь на карты инфильтрации, расположенные на отвале Чесноковский. На них происходит обезвоживание поступающей смеси, а после заполнения карты и ее последующего осушения, выполняются работы по очистке карты от шлама, его вывозка и складирование.

В зимний период подачу шламовых вод с ОФ осуществляется, как и раньше, в шламохранилище "Техническая вода".

Очевидно, что предлагаемая схема позволяет не только обеспечить укладку шламов в объеме годовой потребности, но и постепенно преобразовать территорию шламохранилища «Техническая вода», площадь которого 16,5 га, в т.ч. и водоем для накопления воды.

Затем вдоль берега может быть создана зона для сбора и обезвоживания шлама по современной технологии с использованием геотубов (рисунок 4.2).



Рисунок 4.2 - Обезвоживание шлама с использованием геотубов

Геотубы – емкости для гидросмесей, которые выполнены из высокопрочного геотекстиля (например, полиэстрового текстиля, пропилена или полиэтилена) поры которого пропускают воду и задерживающие внутри твердые частицы. Такая технология используется при очистке водоемов, очистных сооружений, иловых карт, шламовых накопителей, сточных вод, сельскохозяйственных стоков и других объектов. Процесс слива воды с геотубы значительно медленнее, чем с карты намыва. В связи с этим нередко используется сразу несколько геотуб, пока одна заполняется - другие обезвоживаются. При применении специальных технологий станет возможным обезвоживать шламы и вывозить их на утилизацию или захоронение без использования существующих карт инфильтрации, расположенных на отвале Чесноковский.

На этом этапе исследований аналитически доказана возможность и эффективность реализации, предлагаемой структуры гидромеханизированного водношламового комплекса ОФ «Черниговская» с применением гидроэлеваторного земснаряда, изменение производительности которого при разработке шламового отстойника в зависимости от расстояния транспортирования и геодезическая высота подъема гидросмеси.

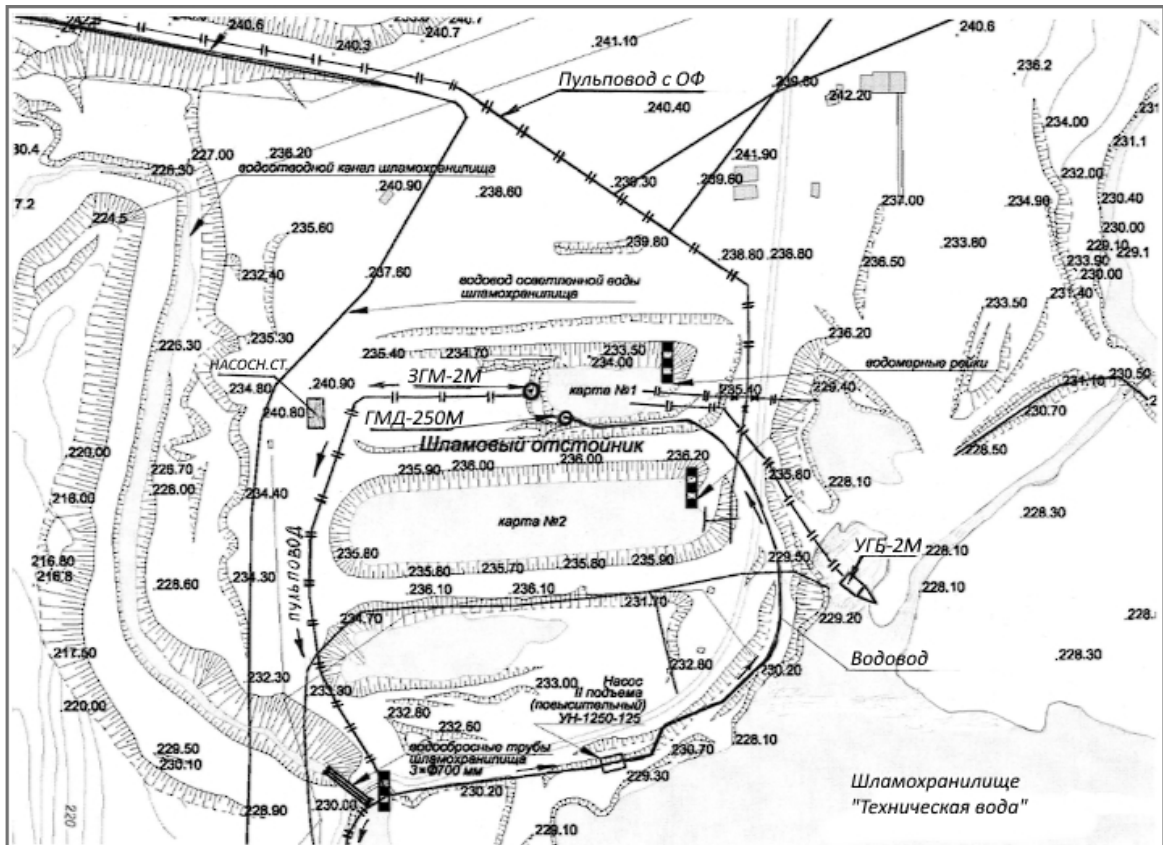


Рисунок 4.3 – Предлагаемая схема гидротранспортирования шламов землесосом ЗГМ-2М при одновременном поступлении гидросмеси с ОФ и от земснаряда УГБ-2М

4.3 Расчет основных технико-экономических показателей предлагаемой технологии очистки шламохранилища ОФ «Черниговская» при применении гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М

В работе (раздел 4.2) при расчете системы гидротранспортирования шламов землесосом ЗГМ-2М при одновременном поступлении гидросмеси с ОФ и от земснаряда УГБ-2М, принят вариант, по которому обеспечиваются условия работы комплекса гидротехнических сооружений (ГТС) ОФ «Черниговская» по предлагаемой технологии - единовременная подача в летний период в зумпф землесоса ЗГМ-2М гидросмеси с ОФ и от земснаряда УГБ-2М. При этом подача земснаряда УГБ-2М по гидросмеси составляет $Q_{гс} = 945 \text{ м}^3/\text{ч}$, а производительность по твердому составляет $53,3 \text{ м}^3/\text{ч}$. Этот вариант обеспечивает разработку шлама

земснарядом УГБ-2М при диаметре пульповода 0,35м на расстояние перемещения гидросмеси до 600м, а геодезическая высота подъема - до 15м. Годовой (за сезон) объем шлама – 215 тыс. м³.

Фактическая (эксплуатационная) производительность земснаряда УГБ-2М для конкретных условий может быть рассчитана по известной формуле:

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{т}} \cdot N \cdot T_{\text{см}} \cdot n \cdot K_{\text{и}}, \text{ м}^3/\text{год},$$

где: $Q_{\text{т}}$ - фактическая часовая производительность земснаряда по твердому, м³/ч; N - количество рабочих дней за сезон, для Кузбасса 200-220 дн., (принимается-210); $T_{\text{см}}$ - время смены, 12 часов; n - число смен работы в сутки, 2; $K_{\text{и}}$ - коэффициент использования земснаряда, 0,8.

Для условий ОФ «Черниговская» на основании рассчитанных по алгоритму значений величины часовой производительности по твердому (шламу), установлена совокупность значений эксплуатационной производительности земснаряда УГБ-2М при диаметрах пульповода 0,30; 0,35; 0,40; 0,45 м, и расстояниях транспортирования гидросмеси от 300м до 2000м при геодезической высоте подъема пульпы от 0м до 20м (см. таблице 2.6 и П.А.1 – П.А.4).

Расчет эксплуатационных затрат при применении специальной гидротехнологии для разработки хвостов обогатительной фабрики определяем путем составления локальных смет по Федеральным единичным расценкам.

При разработке пород земснарядами их категорию определяют согласно сметным нормативам РФ – Федеральным единичным расценкам на строительные работы ФЕР-2001 [67, по таблице (Приложение 1.4) и Примечания п. 3-5] – Таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Распределение грунтов по группам при разработке их плавучими землесосными и гидромониторно-эжекторными снарядами и грунтососами

Группа грунтов	Наименование грунтов	Гранулометрическая характеристика грунтов (размеры частиц, мм; количество их по массе %)														
		глинистых менее 0,005	пылеватых 0,005 - 0,05	песчаных			Гравийно-галечных фракций в зависимости от производительности землесосных снарядов (по пульпе), м³/ч									
							до 1000			до 2000			св. 2000			
				мелких 0,05 - 0,25	средних 0,25 - 0,5	крупных 0,5 - 2	2 - 20	2 - 40	2 - 60	2 - 20	2 - 60	2 - 80	2 - 20	2 - 60	2 - 120	
I	ПЕСКИ МЕЛКИЕ	до 3	до 15	св. 50	до 50	до 15	3	2	1	4	2	1	5	3	1	
	Пески средней крупности			до 50	св. 50		3	2	1	4	2	1	5	3	1	
	Пески пылеватые		до 20	не регламентируются			3	2	1	4	2	1	5	3	1	
	Илы (коэффициент пористости св. 1,5)		не регламентируются				3	2	1	4	2	1	5	3	1	
II	Пески средней крупности, пеки крупные и гравелистые	до 3	до 15	до 50	до 50	св. 15	6	5	3	8	6	3	10	7	5	
	Пески пылеватые	до 3	20 - 50	не регламентируются			6	5	3	8	6	3	10	6	5	
	Супеси (частиц менее 0,005 до 6 %)	3 - 6	до 50				6	5	3	8	6	3	10	6	5	

Величина удельных эксплуатационных затрат на разработку хвостов ОФ «Черниговская» определяется прежде всего соотношением объемов и категории разрабатываемых шламов и техническими средствами, которые приняты для их отработки.

В соответствии с нормативами РФ - Федеральные единичные расценки на строительные и специальные строительные работы по ФЕР 81-02-01-2001 (Сборник 1, Земляные работы. П. 1.1. Федеральные единичные расценки разработаны в базисном уровне цен по состоянию на 1 января 2000 года.), определяем величину прямых затрат на реализацию принятого технического решения – разработку и транспортировку грунта гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М.

В таблице 4.2 Представлены шифры (таблицы) расценок, наименование и характеристика работ, а также величина прямых затрат.

Таблица 4.2 - Шифры (таблицы) расценок, наименование, характеристика работ и величина прямых затрат при применении гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М.

Шифр расценки	Наименование и характеристика работ	Прямые затраты, руб.	В том числе, руб.				Затр. труда рабоч., чел/час	Прим.
			Оплата труда рабочих	Эксплуатация машин		Материалы		
				Всего	В т.ч. оплата труда машинист.			
ФЕР 01-01-145 Разработка грунта 2 группы плавучими землесосными снарядами								
01-01-145-03	Электрическим и, производит. 80 м³/ч	5574,51	597,32	4453,89	704,83	523,30	62,81	Измеритель: 1000 м³
ФЕР 01-01-150 Вспомогательные работы при разработке и укладке грунта плавучими землесосными снарядами.								
Вспомогательные работы при разработке и укладке грунта плавучими землесосными снарядами безэстакадным способом в профильное сооружение, в отвал с устройством обвалования и в штабель, производительность землесосных снарядов (по грунту):								
01-01-150-01	80 м³/ч	3 496,83	471,82	1 170,5	131,33	1 854,50	58,83	Измеритель: 1000 м³
Таблица ФЕР 01-01-151 Укладка трубопроводов из стальных толстостенных труб								
Укладка трубопроводов из стальных толстостенных труб при электросварном соединении, диаметр труб:								
01-01-151-05	400 мм Задвижки, шт.	79 605,14	1 283,59	1 563,11	114,91	76 758,44 0,05	150,48	Измеритель: 100 м³

В соответствии с годовой (за сезон) производительностью земснаряда в таблице 4.3 представлен результат расчета - удельные затраты на разработку 1м³ грунта.

Таблица 4.3 - Локальная смета разработки и транспортировки грунта гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М

Наименование работ	Годовой объем работ (по грунту; погон. м),	Прямые затраты по ФЕР, руб./ тыс. м³; руб./100 п.м	Прямые затраты по ФЕР (в ценах 01.01.2000г.), тыс. руб.	Затраты в ценах 1 кв. 2022г., тыс. руб. (К = 11,84)	Удельные затраты на 1м³ грунта, руб.
1	2	3	4	5	6
Разработка грунта гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М	215 тыс. м³	5.574,51	1.198.519,65	14.190.472,66	66,00

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4	5	6
Вспомогательные работы при разработке и укладке грунта плавучими землесосными снарядами	215 тыс. м ³	3.496,83	751.818,45	8901530,448	41,40
Укладка трубопроводов из стальных толстостенных труб при электросварном соединении	300 м	79.605,14	238.815,42	2827574,573	13,15
Итого:			2.189.153,52	2.5919.577,68	120,55

Для расчета объема инвестиций определяем стоимость основного оборудования гидрокомплекса.

Определяем стоимость гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М в 2022г. Известно, что в 2008г. его цена составляла 7 000 тыс. руб. [55]. В соответствии с таблицами 4.4 и 4.5 определяем инфляционные индексы для пересчета потребительских цен с 2008 на 2018 г., а затем с 2018 на 2022г.

Стоимость земснаряда УГБ-2М составит:

- в 2018 г. $C_{з/с} = (7.000:100)(183,6)=12.852$ тыс. руб;

- в 2022 г. $C_{з/с} = (12.852:100)(116,1)=14.921$ тыс. руб.

инфляционный индекс $(1,836)(1,161)=2,132$

Также определяем стоимость водяного насоса 1Д630-90. Цена в 2008г.- 250 тыс. руб., [55] в 2018г.= 459 тыс. руб; в 2022г.=532,899 тыс. руб.

Таблица 4.4 - Расчет инфляционных индексов по фактическим индексам потребительских цен за 2008-2018 годы.

Годы	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
2007	114,7	120,7	128,3	139,8	145,5	148,0	153,3	174,5	190,6	200,7	210,5
2008		105,2	111,8	121,9	126,9	129,1	133,7	152,2	166,2	175,0	183,6
2009			106,3	115,9	120,7	122,8	127,2	144,8	158,1	166,5	174,7
2010				109,0	113,5	115,4	119,6	136,1	148,6	156,5	164,2
2011					104,1	105,9	109,7	124,8	136,3	143,5	150,5
2012						101,7	105,4	119,9	130,9	137,8	144,6
2013			www.lunnyy.ru				103,6	117,9	128,7	135,5	142,1
2014								113,8	124,3	130,9	137,3
2015									109,2	115,0	120,6
2016										105,3	110,5
2017											104,9

Таблица 4.5 - Расчет инфляционных индексов по фактическим индексам потребительских цен за 2014-2023 годы.

Годы	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	<i>отчет</i>						<i>прогноз</i>			
2013	107,8	124,5	133,3	138,2	142,2	148,6	153,4	158,9	165,1	171,7
2014		115,5	123,7	128,3	132,0	137,9	142,3	147,4	153,1	159,2
2015			107,1	111,1	114,3	119,4	123,2	127,6	132,6	137,9
2016				103,7	106,7	111,5	115,1	119,2	123,8	128,8
2017					102,9	107,5	110,9	114,9	119,4	124,2
2018						104,5	107,8	111,7	116,1	120,7
2019			www.lunnyy.ru				103,2	106,9	111,1	115,5
2020								103,6	107,6	111,9
2021									103,9	108,1
2022										104,0

*актуализировано в соответствии с письмом Минэкономразвития России от 30.09.2020 №32028-ПК/Д03и

Расчет величины капитальных вложений и амортизационных отчислений гидрокомплекса представлен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Расчет величины капитальных вложений и амортизационных отчислений

Наименование основного оборудования	Марка	Кол-во, ед.	Стоимость, тыс. руб.		Стоимость, тыс. руб. 2022г.	
			Единицы/год	всего	Единицы/ инфл. инд.	всего
Гидроэлеваторный земснаряд	УГБ-2М	1	7.000,0/2008г.	7.000,0/2008 г.	14.921,172/2,132	14.921,172
Насос УГБ с электроприводом	1Д630-90	1	250,0/2008 г.	250,0/2008 г.	532,899/2,132	532,899
Катер буксирно-моторный (ООО САМАРАТОРГ)	БМК-130	1	---	---	1.290,000	1.290,000
Прикл. и пусковое устройство	КРУПЭ (ТЕ-8)	1	524,0 /2017 г.	524,0 /2017 г.	648,712/1,238	648,712
Пульпопровод металлический	Ду377	500м	1421руб/п.м. 2021г.	710,5 2021г.	1.528,996руб/п.м./1,076	764,498
Пульпопровод плавающий	ТПН-Ф-377-РМ	500м	7000руб/п.м. 2021г.	1400,0 2021г.	7.532руб/п.м./1,076	1.506,400
Итого:						19.663,681
Неучтенное оборудование, 15%						2.949,552
Доставка, 1,5%						294,955
Монтаж, 10%						1.966,368
Всего:						24.874,556

В таблице 4.7 представлены результаты расчета объема инвестиций и удельных эксплуатационных затрат.

Таблица 4.7 – Объем инвестиций и удельных эксплуатационных затрат

Наименование затрат	Годовой (за сезон) объем работ	Затраты, (цены 1 кв. 2022г.), тыс. руб.	Удельные затраты (цены 1 кв. 2022г.), руб./м ³	Примечание
Инвестиции:				
Приобретение оборудования; тыс.м ³	215 тыс. м ³	24.874,556	115,70	
Итого:		24.874,556	115,70	
Эксплуатационные затраты:				
Разработка грунта гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М	215 тыс. м ³	14.190.472,66	66,00	
Вспомогательные работы при разработке и укладке грунта	215 тыс. м ³	8901530,448	41,40	
Укладка трубопроводов	300 п. м.	2827574,573	13,15	
Итого:		2.5919.577,68	120,55	

В результате технико-экономического расчета установлены основные параметры, характеризующие эффективность отработки хвостов обогатительной фабрики «Черниговская» АО «Черниговец» гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М, который располагается в шламохранилище "Техническая вода". Удельные объемы инвестиций и эксплуатационных затрат на разработку хвостов земснарядом УГБ-2М составляют 115,70 и 120,55 руб./м³ соответственно (цены 1 кв. 2022г.).

Выводы по главе 4

1. ОФ «Черниговская», входящая в состав АО «Черниговец» применяет достаточно распространенную в Кузбассе схему организации водошламового хозяйства: после технологического процесса обогащения рядового угля шлам, в объеме около 200 тыс. м³ в год, транспортируется в шламоприемную емкость, где происходит процесс его накопления, который длится, как правило, 8-9 месяцев в году. В теплый период времени шламоприемная емкость подвергается размыву с использованием гидромонитора ГМД-250, а землесосы ЗГМ-2м перекачивают угле-шламовую смесь по трубопроводу на Чесноковский карты.

2. Анализируя принятую организацию работы водошламового хозяйства ОФ «Черниговская», прежде всего обращает на себя внимание принципиально неправильный выбор технических средств гидромеханизации для разработки шламов, намытых (уложенных) в шламохранилище "Техническая вода". Использование гидромонитора ГМД-250 для размыва пород требует формирования уступа, который разрабатывается встречным или боковым забоем, с «подрезкой», что вызывает его обрушение и разрушение пород за счет сил гравитации. Даже попутный размыв пород гидромонитором резко снижает эффективность и концентрацию твердого в пульпе. В результате этого землесосы ЗГМ-2М фактически перекачивают мутную воду, а не гидросмесь. Плотность гидросмеси, которую удается создать при гидромониторном размыве (по опыту разработки четвертичных вскрышных работ в Кузбассе), составляет 1,12-1,14 т/м³ (Т:Ж≈1:7). Когда разработка шламов осуществляется принятым способом, соотношение Т:Ж вероятно составляет ≈1:15. Фактически землесос перекачивает не угле-шламовую смесь, а грязную воду, либо землесос ЗГМ-2М фактически перекачивает гидросмесь, поступающую с ОФ.

3. Специалистам известно, что намытые или сильно обводненные породы должны разрабатываться землесосным снарядом, который для

большей эффективности оснащается специальными средствами: гидрорыхлителем, фрезами и т.п. [6,7,8]. Применять землесосные снаряды при открытой добыче угля не принято, учитывая затраты на их приобретение и сравнительно высокую производительность по сравнению с требуемыми объемами работ. При этом «возможности гидроэлеваторного земснаряда позволяют обосновать рекомендации по совершенствованию работы водошламового комплекса гидротехнических сооружений ОФ разреза АО «Черниговец» и повышению эффективности его работы» [1,2,5].

4. Результаты расчетов годовой (за сезон) производительности земснаряда УГБ-2М показали, что она соответствует требуемой в условиях ОФ «Черниговская» - 200 тыс. м³ за сезон.

«Установленные возможности гидроэлеваторного земснаряда позволяют обосновать рекомендации по совершенствованию работы водошламового комплекса гидротехнических сооружений ОФ разреза АО «Черниговец» с целью повышения эффективности его работы». [1,2]

5. Предлагается новая структура гидромеханизированного водошламового комплекса ОФ разреза АО «Черниговец» с применением гидроэлеваторного земснаряда. В период сезона гидромеханизации (для Кузбасса это конец апреля – начало ноября) подача шламовых вод с ОФ осуществляется не в шламохранилище "Техническая вода", а на карту №1 шламового отстойника, которая в настоящее время очищена от шлама и находится в резерве (см. рисунок 4). Там формируется емкость, из которой гидросмесь шламов может забирается землесосом ЗГМ-2М, оснащенным зумпфовым гидромонитором ГМД-250 (главная задача которого формировать зону всаса и очищать ее при запуске о осевших шламов). В эту же емкость одновременно подается гидросмесь от гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М, который располагается в шламоприемной емкости шламохранилища "Техническая вода" и производит размыв ранее уложенных шламов. Землесос ЗГМ-2М по пульповоду перекачивает угле-шламовую смесь на карты инфильтрации, расположенные на отвале Чесноковский. На них происходит

обезвоживание поступающей смеси, а после заполнения карты и ее последующего осушения, выполняются работы по очистке карты от шлама, его вывозка и складирование.

В зимний период подачу шламовых вод с ОФ осуществляется, как и раньше, в шламохранилище "Техническая вода". [1,2]

Предлагаемая схема позволяет не только обеспечить укладку шламов в объеме годовой потребности, но и постепенно сформировать на территории шламохранилища «Техническая вода», площадь которого 16,5 га, водоем для накопления воды. Затем вдоль берега может быть создана зона для сбора и обезвоживания шлама по современной технологии с использованием геотубов (рисунок 3).

6. Представленный расчет производительности системы гидротранспортирования шламов землесосом ЗГМ-2М при одновременном поступлении гидросмеси с ОФ и от земснаряда УГБ-2М доказал, что предлагаемая схема позволяет не только обеспечить очистку шламохранилища в объеме годовой потребности, но и при желании очистить весь водоем «Техническая вода» или, при применении специальных технологий, обезвоживать шламы и вывозить их в нужное место без карт инфильтрации, расположенных на отвале Чесноковский.

7. В результате технико-экономического расчета установлены основные параметры, характеризующие эффективность отработки хвостов обогатительной фабрики «Черниговская» АО «Черниговец» гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М, который располагается в шламохранилище "Техническая вода". Определены удельные объемы инвестиций и эксплуатационных затрат на разработку, которые составляют 115,70 и 120,55 руб./м³ соответственно (цены 1 кв. 2022г.).

8. Годовой экономический эффект при применении для отработки хвостов обогатительной фабрики «Черниговская» АО «Черниговец» гидроэлеваторным земснарядом УГБ-2М составит более трех миллионов рублей в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа является научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения по обоснованию параметров гидромеханизированной технологии разработки и перемещения хвостов обогащения из шламохранилищ углеобогачительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов, которая может быть эффективно реализована путем выбора их параметров в соответствии с горнотехническими условиями эксплуатации и с учетом физико-механических свойств разрабатываемых шламов. Обоснование технологии и технических средств для разработки шламов с целью их утилизации или захоронения является актуальной научно-практической задачей, обеспечивающей безопасность и эффективность горных работ, и тем самым оказывает существенное влияние на экономические, экологические и социальные показатели угледобычи Кузбасса.

Основные результаты, выводы и рекомендации, полученные при выполнении исследований, заключаются в следующем:

1. Разработан методологический подход к определению принципа выбора, обоснования или расчета по современным методикам параметров технологии и режима гидротранспортирования для конкретных горнотехнических условий эксплуатации гидрокомплекса с учетом физико-механических свойств хвостов обогащения, которые обеспечат устойчивую и безопасную работу гидроэлеваторного земснаряда при очистке шламохранилищ углеобогачительных фабрик.

2. На основании анализа горнотехнических условий и организации работы водношламового хозяйства углеобогачительных фабрик Кузбасса, в соответствии с разработанным методологическим подходом, произведен расчет параметров гидротранспорта, обеспечивающих устойчивую и безопасную работу земснаряда УГБ-2М, и определен главный параметр

технологии – производительность гидрокомплекса по твердому (шламу) при очистке шламохранилищ углеобогачительных фабрик.

3. В соответствии с современным и многократно проверенным графоаналитическим методом определения действительной (фактической) производительности гидротранспортного оборудования по точке пересечения характеристик земснаряда и пульповода установлена производительность гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М при очистке шламохранилищ для различных горнотехнических условий его эксплуатации – расстояния транспортирования гидросмеси и геодезической высоты её подъема при различных диаметрах пульповода, т.е. установлен диапазон изменения его производительности в пределах зоны технического использования.

4. С целью планирования, для определения производительности гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М при очистке шламохранилищ в производственных условиях, определены упрощенные эмпирические зависимости для прогнозирования изменения часовой производительности земснаряда по твердому (шламу) для каждого из технически возможных диаметров пульповода при переносе места выпуска гидросмеси и изменении расстояния ее перемещения или геодезической высоты подъема.

5. Статистическая оценка полученных зависимостей характеризует высокую степень достоверности результатов расчета по эмпирическим формулам:

- среднее линейное отклонение 1,33-2,54 м³/ч;
- относительная ошибка 1,93-3,84%;
- среднеквадратическое отклонение 1,97- 3,32%;
- коэффициент вариации 4,17-5,80 %.

6. Разработана новая технология перемещения хвостов обогащения из шламохранилищ углеобогачительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов, работающих на трубопровод, который попеременно используется как пульповод и водовод.

7. Установлена система уравнений, определяющая условия функционирования и параметры технологии разработки и перемещения хвостов обогащения из шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов в зависимости от физико-механических свойств хвостов углеобогащения.

8. Разработана блок-схема алгоритма расчета параметров системы гидротранспорта и оптимизации параметров технологии разработки и перемещения хвостов обогащения из шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторных земснарядов в зависимости от горнотехнических условий эксплуатации при различных диаметрах трубопровода для гидросмеси.

9. Определены параметры новой технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда для горнотехнических условий шламохранилища ОФ «Черниговская».

10. На основании анализа современного состояния водношламового комплекса гидротехнических сооружений ОФ «Черниговская» определены технические рекомендации по повышению эффективности его работы.

11. В соответствии с нормативами РФ «Федеральные единичные расценки на строительные и специальные строительные работы по ФЕР 81-02-01-2001 (Сборник 1, Земляные работы)» произведен расчет основных технико-экономических показателей технологии очистки шламохранилища ОФ «Черниговская» при применении гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М.

12. С целью реализации технологии очистки шламохранилищ углеобогажительных фабрик с применением гидроэлеваторного земснаряда разработаны и переданы в проектный институт ООО «Сибгеопроект» рекомендации по совершенствованию работы водношламового комплекса гидротехнических сооружений ОФ «Черниговская» с применением гидроэлеваторного земснаряда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабичев, Н.И. Конструкция и опыт эксплуатации новых типов гидродобычных установок для разработки обводненных залежей песчано-гравийных смесей. / Н.И. Бабичев, А.Е. Дворовенко // ГИАБ. – 2006. – №4. – С.135-142.
2. Бекренев, С.В. Тучковский комбинат строительных материалов: История, современное состояние и опыт решения производственных задач. / С.В. Бекренев, К.С. Белоусов // Горный журнал. – 2007. – №1. – С.33-35.
3. Белоусов, К.С. Обоснование параметров рекреационной зоны при рекультивации карьера с использованием гидромеханизированных технологий/ Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – М.: МГГУ, 2001.
4. Бессонов, Е.А. Технология и механизация гидромеханизированных работ: Справочное пособие. – М.: Центр, 1999.
5. Бессонов, Е.А. Энциклопедия гидромеханизированных работ. – М.: Изд-во «1989.ру», 2005.
6. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей: учебник / Е.С. Вентцель. – 12-е изд., стер. – Москва: ЮСТИЦИЯ, 2018. – 658 с.
7. Геологический словарь. – Т.1,2. – М.: Недра, 1973.
8. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1977. – 479 с.
9. Горлов, Е.Г. Физико-химические свойства угольных шламов и их переработка. / Е.Г. Горлов, О.Г. Сафиев, А.И. Серегин // Химия твердого топлива. – 2008. – №1. – С.54-57.
10. Горлов, Е.Г. Условия реализации шламов угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий в виде суспензионного топлива / Е.Г. Горлов, А.И. Серегин, Г.С. Ходаков // Химия твердого топлива. – 2007. – №6. – С.51-57.
11. Горная энциклопедия. – Т. 1-5. – М.: Советская энциклопедия, 1991.

12. Деревяшкин, И.В. Гидромеханизация открытых горных работ. Гидромониторно-землесосные комплексы, учебное пособие / И.В. Деревяшкин, Е.А. Кононенко, А.В. Демченко. – М.: ИНФРА, 2016. – 149 с.
13. Деревяшкин, И. В. Состояние и перспективы гидромеханизации открытых горных работ / И. В. Деревяшкин, В. В. Чаплыгин, О. Н. Исаев // Маркшейдерия и недропользование. – 2016. – № 3(83). – С. 6-10.
14. Деревяшкин, И.В. Земснаряды на карьерах, их возможности и перспективы / И. В. Деревяшкин, В. В. Чаплыгин, О. Н. Исаев // Маркшейдерия и недропользование. – 2016. – №4 (84). – С. 39-43.
15. Ермаков, А.Ю. Комбинированные технологии разработки угольных месторождений (обзор). / А.Ю. Ермаков, В.В. Сенкус, Фам Дык Тхань, Н.И. Абрамкин, Е.А. Ермаков // Горные науки и технологии. – Т. 4. – 2019. – С. 230-250.
16. Ермаков, А.Ю. Система мониторинга эндогенных пожаров на горнодобывающих и перерабатывающих и перерабатывающих предприятий / А.Ю. Ермаков, В.В. Сенкус, Р.А. Гизатулин, Вас. В. Сенкус // Металлургия: технологии, инновации, качество. Труды XXII Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Под общей редакцией А.Б. Юрьева. Новокузнецк, 2021. – С. 147-151.
17. Ефимов, В.И. К вопросу образования отходов производства от предприятий угольной отрасли в Кузбассе. / В.И. Ефимов, Р.В. Сидоров, Т.В. Корчагина // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – № 1. – С. 85-96.
18. Белокопытов, П.И. Решение экологических проблем Кузбасса в проектных обогатительных фабриках / П.И. Белокопытов, Г.П. Сазыкин // ТЭК и ресурсы Кузбасса. – 2003. – №4/13. – С. 17-19.
19. Белокопытов, П.И. Обогащение углей в Кузбассе. // П.И. Белокопытов, Г.П. Сазыкин, Б.А. Синеокий // ТЭК и ресурсы Кузбасса. – №4/8. – 2002. – С.25-29.

20. Щукин, А.Ф. Обоганительная фабрика «Антоновская» вышла на устойчивый режим работы. / А.Ф. Щукин, О.А. Соснин, П.И. Белокопытов, Г.П. Сазыкин // Уголь. – №5. – 2003. – С.55-56.
21. Иванов, А.А. Теория ошибок и способ наименьших квадратов / А.А. Иванов. – Петроград: Науч. кн-во, 1921. – 56 с.
22. Каменев, П.Н. Гидроэлеваторы и другие струйные аппараты. – М.: Машстройиздат, 1950. – 348 с.
23. Кнороз, В.С. Движение гидросмесей в напорных трубопроводах и метод расчета. – Известия ВНИИГ. – т. 30. – 1941. – 256 с.
24. Кононенко, Е.А. Гидромеханизация в Кузбассе / Е.А. Кононенко, А.А. Романов // Горный журнал. – 2006. – № 11.
25. Кононенко, Е.А. Научное обоснование гидровскрышных технологий, комплексно обеспечивающих формирование и сбережение ресурсов, автор. дисс. на соискание ученой степени докт. техн. наук, М., 1999. – 317с.
26. Кононенко, Е.А. Анализ работы и возможности гидроэлеваторного земснаряда в условиях карьера Тучковского комбината строительных материалов. / Кононенко Е.А., Белоусов К.С. // Издательство МГГУ, ГИАБ, № 9, М. 2009. с. 210-214
27. Кононенко, Е.А. Возможности и перспективы гидромеханизации на карьерах / Е.А. Кононенко, К.С. Белоусов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – Вып. 7. – С. 152-158.
28. Кононенко, Е.А. Основные направления организационно-технического совершенствования гидромеханизации угольных разрезов Кузбасса / Е.А. Кононенко, А.А. Романов, Т.О. Гогова // Уголь. – 2010. – № 1. – С. 20-24.
29. Коржаев, С.А. Пути улучшения работы гидроэлеваторов и метод их расчета. – М.: Институт горного дела, 1961.
30. Коржаев, С.А. Теоретические основы расчета гидроэлеваторов. // Изв. АН СССР. – 1939. – Т. 33. – №6. – С.31-54.

31. Корякин, А.А. Производительность эжекторного земснаряда УГБ-2м при очистке шламонакопителя обогатительной фабрики // Маркшейдерия и недропользование. – Москва, 2022. – № 3. – С. 36-41.
32. Корякин, А.А. Обоснование параметров технологии очистки илонакопителей углеобогачительных фабрик гидроэлеваторными земснарядами // Маркшейдерия и недропользование. – Москва, 2023. – № 4. – С. 30-36.
33. Краснов, О.С. Перспективы производства дефицитных цветных и редких металлов из угольных отходов в Кузбассе / О.С.Краснов, В.А.Салихов // Цветные металлы. – 2007. – № 8. – С.8-11.
34. Кутепов, Ю.И. Изучение инженерно-геологических условий гидроотвалов Кузбасса на различных этапах существования / Ю.И. Кутепов, Н.А. Кутепова, А.Х. Саркисян // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – №5. – С.145-149.
35. Кузнецова, И.В. Изучение физико-механических свойств намывных горных пород в основании отвальных насыпей при развитии оползневых деформаций подпошвенного типа // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – №5. – С. 58-62.
36. Мазмишвили, А.И. Способ наименьших квадратов. – М.: Недра, 1968. – 440 с.
37. Матвеев, А.В. Рекультивация открытых горных выработок угольных месторождений / А.В. Матвеев, А.П. Гинеборг, В.В. Сенкус // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Под общей редакцией М.В. Темлянцева. – 2020. – С. 188-194.
38. Мироненко, А.Т. Применение землесосных снарядов для рекультивации гидроотвалов вскрышных пород // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности: Труды междунар.

- науч.-практ. конф. – Кемерово: ННЦ ГП (ИГД им. А.А.Скочинского), ИУУ СО РАН, КузГТУ, ЗАО КВК «Экспо-Сибирь» (30.08-02.09.05). – 2005. – С. 86-91)
39. Мироненко, И.А. Принципы выбора вариантов технических решений для разработки и перемещения пород гидроотвала на новое место / И.А. Мироненко, С.И. Протасов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – Кемерово, 2019. – № 1. – С. 59-65.
40. Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов. – Л.: Стройиздат, 1986.
41. Нормы технологического проектирования угольных разрезов. Раздел «Гидромеханизация вскрышных работ на разрезах». – Новосибирск: Сибгипрошахт, 1983.
42. Нурок, Г.А. Гидротранспорт горных пород / Г.А. Нурок, Ю.В. Бруякин, В.В. Ляшевич. – М., 1974. – 168 с.
43. Нурок, Г.А. Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ. – М.: Недра, 1985.
44. Огородников, С.П. Гидромеханизация разработки грунтов // М.: Стройиздат, 1986. – 254 с.
45. О состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2014 г.: доклад Департамента природных ресурсов и экологии Кемеровской области. – Кемерово: Администрация Кемеровской области, 2015.
46. Отчет Министерства угольной промышленности Кузбасса, 05.06.2021, электр. ресурс <https://mupk42.ru/ru/industry/pokazateli/>
47. Патент РФ на изобретение №2661950. Способ переукладки гидроотвала / В. С. Федотенко, С. И. Протасов, И. А. Мироненко, А. Е. Кононенко. – МПК⁶ E21C 41/26. – 2017111157; Заявлено 03.04.17; Оpubл. 23.07.18; БИ № 21. – 10 с.
48. Патент РФ на изобретение №2681772. Способ гидромеханизированной переукладки пород / В. С. Федотенко, С. И. Протасов, И. А. Мироненко, А. Е. Кононенко. – МПК⁶ E21C 41/26. – 2018118218; Заявлено 17.05.18; Оpubл. 12.03.19; БИ № 8. – 7 с.

49. Патент РФ на изобретение №2691252. Способ переукладки пород гидроотвалов гидромонитором и землесосным снарядом / В. С. Федотенко, С.И. Протасов, И. А. Мироненко, А. Е. Кононенко. – МПК⁶ E21C 41/26. – 2018135003; Заявлено 03.10.18; Оpubл. 11.06.19; БИ № 17. – 7 с.
50. Патент РФ на изобретение № 2679003. Способ рекультивации открытых горных выработок / Ермаков А.Ю., Сенкус В.В., Сенкус Вас.В., Сенкус Вал. В. и др. // МПК E21F 1/00. Заявл. 17.10.2017. Оpubл. 05.02.2019. Бюл. № 4.
51. Подурец, О. Рукотворная природа // Уголь Кузбасса. – 2013. – № 1. – С. 78-80.
52. Правила безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов. ПБ 03-438-02, Госгортехнадзор России: НТЦ «Промышленная безопасность», серия 03, выпуск 14, 2002, 128 с.
53. Приказ Ростехнадзора от 10 ноября 2020 г. № 436 Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом».
54. Разработка грунтов способом гидромеханизации: Учеб. пособие / С. П. Огородников // Тверь: ТвеПИ, 1991. – 105 с.
55. Способ очистки прудов-илонакопителей гидрошахт, А.С. СССР №1122827 А, МПК E21C41/04, опубл. 07.11.1984, бюл. №41.
56. Способ очистки шламонакопителей обогатительных фабрик, А.С. СССР №2155839 С1, МПК E02D 19/10(2006/01), B01D 21/02(2006.01), опубл. 2000.09.10.
57. Серегин, А.И. Разработка технологических схем переработки угольных шламов в товарную продукцию / А.И. Серегин, Е.Г. Горлов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – №5. – С. 241-244.
58. СНиП IV-2-82, СНиП IV-5-84 «Распределение грунтов на группы по трудности разработки их гидромониторами и землесосными снарядами»
59. Стационарные машины карьеров: [Учебник для вузов по спец. "Технология и комплекс. механизация открытой разраб. месторождений полез. ископаемых"] / А. П. Гришко // М.: Недра, 1982. – 224 с.

60. Таразанов, И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2020 года / И.Г. Таразанов, Д.А. Губанов // Уголь. – 2021. – №3. – С. 27-43.
61. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. – М.: Недра, 1982. – 405 с.
62. Трубецкой К.Н. Открытые горные работы: Справочник / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Веницкий, Н.Н. Мельников и др. // М.: Горное бюро. – 1994. – 590 с.
63. Трушина, Г.С. Роль экологического менеджмента и менеджмента качества в природоохранной деятельности предприятий (на примере угледобывающих предприятий Кузбасса) // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – №2. – С. 374-377.
64. Федотенко, В.С. Перспективы применения эжекторных земснарядов для очистки шламонакопителей обогатительных фабрик / В.С. Федотенко, А.А. Корякин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 9. – С. 15-28. DOI: 10.25018/ 0236_1493_2022_9_0_15.
65. Федотенко, Н.А. Проблемы управления негативным воздействием на окружающую среду при добыче угля открытым способом. Актуальные решения // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 6. – С. 64-66.
66. Федотов, К.В. Проектирование обогатительных фабрик: Учебник для вузов / К.В. Федотов, Н.И. Никольская // М: Горная книга. – 2012. – 536 с.
67. ФЕР 81-02-01-2001 Федеральные единичные расценки на строительные и специальные строительные работы ФЕР -2001 Федеральные единичные расценки на строительные работы ФЕР -2001 [сборник 1, Земляные работы, приложение (книга 1).
68. Чаплыгин, В.В. Состояние и возможности гидромеханизации на разрезах Кузбасса / В.В. Чаплыгин, А.В. Демченко // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № S11. – С. 410-418.

69. Чаплыгин, В.В. Вскрытие угольных месторождений при комбинированной разработке пластов / В.В. Чаплыгин, В.В. Сенкус // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2020. – №6. – С. 100-104.
70. Чаплыгин, В.В. Выбор варианта разработки Макарьевского угольного месторождения / В.В. Чаплыгин, В.В. Сенкус // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2020. – № 6. – С. 104-111.
71. Чаплыгин, В.В. Механогидравлический способ рекультивации открытых горных выработок / В.В. Чаплыгин, В.В. Сенкус, А.В. Матвеев // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2020. – № 6. – С. 398-401.
72. Чаплыгин, В.В. Вскрытие пластов в бортах разреза при подземной отработке запасов и особенности системы проветривания горных выработок / В.В. Чаплыгин, В.В. Сенкус // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2020. – № 6. – С. 111-113.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Справка о внедрении результатов исследования



СПРАВКА

об использовании результатов исследований А.А. Корякина по диссертации, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему:

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ
ИЛОНАКОПИТЕЛЕЙ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК ГИДРОЭЛЕВАТОРНЫМИ
ЗЕМСНАРЯДАМИ**

Подготовленные в ИПКОН РАН и переданные рекомендации по результатам диссертационной работы для реализации в производственных условиях результатов исследований А.А. Корякина по диссертации, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему: **Исследование и обоснование параметров технологии очистки илонакопителей углебогатительных фабрик гидроэлеваторными земснарядами**, (специальность 2.8.8 – «Геотехнология, горные машины») были приняты и заслушаны на специальном техническом совещании.

Считаем целесообразным применение переданной нам методики решения инженерных задач, связанных с технологией очистки илонакопителя углебогатительных фабрик в условиях работы водошламового комплекса гидротехнических сооружений обогатительных фабрик разрезов Кузбасса. Отметим, внедрение предложенной А. А. Корякиным технологии очистки илонакопителя при применении гидроэлеваторного земснаряда УГБ-2М в условиях ОФ разреза АО «Черниговец» позволит обеспечить экономический эффект более трех миллионов рублей в год.

Заместитель генерального директора
по развитию



В.Ю. Меристе

ООО «СТП»
Адрес места нахождения:
115054, Россия, г. Москва,
Большой Строченовский пер., 7,
помещение 10/16/9
call-centre: 8-800-700-12-09

Почтовый адрес:
650066, Россия, г. Кемерово
пр. Октябрьский, 28 б
тел.: +7(3842) 45-11-11
e-mail: info@sgp.su
www.sgp.su

Москва
ИНН 4205054533/770501001
Р/сч 407 028 103 120 300 005 60
Филиал «Центральный»
Банка ВТБ (ПАО) в г. Москва
к/сч 301 018 101 452 500 004 11
БИК 044 525 411