

ЛИТВИН ЮРИЙ ИВАНОВИЧ



**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ГИДРОМОНИТОРНО-ЗЕМЛЕСОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ
РАЗРЕЗОВ КУЗБАССА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ
МОЩНЫХ ГИДРОМОНИТОРОВ**

Специальность 25.00.22 – «Геотехнология
(подземная, открытая и строительная)»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Кемерово 2014

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева».

Научный руководитель Протасов Сергей Иванович,
кандидат технических наук, доцент,
профессор кафедры ОГР КузГТУ

Официальные оппоненты: Кононенко Евгений Андреевич
доктор технических наук,
Федеральное государственное автономное образо-
вательное учреждение высшего профессионально-
го образования «Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС», Горный
институт, профессор кафедры «Технология, меха-
низация и организация открытых горных работ»

Никитин Андрей Викторович,
кандидат технических наук,
Федеральное государственное автономное образо-
вательное учреждение высшего профессионально-
го образования «Сибирский федеральный универ-
ситет», старший преподаватель кафедры «Откры-
тые горные работы»

Ведущая организация: Открытое акционерное общество «Холдинговая
компания «СДС-Уголь»

Защита состоится «30» октября 2014 года в 13.00 час на заседании совета по за-
щите докторских диссертаций и кандидатских диссертаций Д 212.102.02 в Феде-
ральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего
профессионального образования «Кузбасский государственный технический уни-
верситет имени Т. Ф. Горбачева» по адресу: 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28,
факс: (384-2)-58-33-80, e-mail: rector@kuzstu.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственно-
го бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального обра-
зования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Гор-
бачева» и на сайте организации по адресу
http://www.kuzstu.ru/science/index.php?action=info_cand_deg.

Автореферат разослан «__» _____ 201 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук

 В. В. Иванов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

При разработке четвертичных вскрышных пород гидромониторно-землесосными комплексами периодически наблюдается рассогласованность режимов работы оборудования систем водоснабжения и гидротранспортирования, которая выражается в том, что производительность гидромониторов по гидросмеси становится меньше производительности (подачи) грунтовых насосов. Дисбаланс подач возникает в момент подрезки уступа гидромониторами, который составляет до 50 % времени от общего времени цикла разработки породы. Производительность гидромонитора по твердому в это время значительно сокращается по сравнению с периодом размыва обрушенной породы, а плотность гидросмеси и ее количество, поступающее в зумпф, значительно уменьшается. При применении маломощных гидромониторов и групповых забойных землесосных установок из-за нивелировки суммарного притока гидросмеси в зумпф дисбаланс практически не влиял на работу системы гидротранспорта. При внедрении современных мощных гидромониторов типа ГД-300 количество одновременно работающих гидромониторов сокращается практически в два раза, в результате негативная роль дисбаланса значительно возрастает и усложняет работу гидрокомплекса.

Перспективным решением проблемы ликвидации дисбаланса подач является снижение подачи грунтового насоса путем подачи во всас землесоса воздуха, не допуская тем самым понижения уровня пульпы в зумпфе ниже критического. Отсутствие исследований величины, времени дисбаланса и факторов, влияющих на его величину, а также способа приборного контроля за поддержанием рабочих параметров землесоса при оперативном регулировании режима его работы путем впуска воздуха в его всасывающий патрубок определили актуальность работы, цель, задачи, структуру и содержание диссертации.

Цель работы – обоснование технологических параметров гидромониторно-землесосных комплексов разрезов Кузбасса при применении мощных гидромониторов, обеспечивающих поддержание высокой концентрации твердого в смеси и повышение эффективности гидромеханизации.

Идея работы – ликвидация дисбаланса подачи гидросмеси, возникающего в период подрезки уступа мощным гидромонитором, без снижения ее концентрации может быть достигнута путем контролируемого впуска воздуха во всасывающий патрубок грунтового насоса.

Основные задачи исследований:

- установить зависимости величины дисбаланса подач насосно-гидромониторной и гидротранспортной установок, возникающего при подрезке уступа гидромониторами от параметров систем водоснабжения и гидротранспортирования и физико-механических свойств разрабатываемых пород;
- обосновать способ регулирования величины снижения подачи землесоса при впуске воздуха в его всасывающий трубопровод;
- установить диапазон допустимого снижения производительности грунтового насоса (в зоне его промышленного использования) для ликвидации дисбаланса подачи систем водоснабжения и гидротранспортирования гидрокомплекса разреза, позволяющего исключить возможность заиливания пульповода из-за уменьшения скорости движения гидросмеси в трубопроводе;

— выполнить технико-экономическое сравнение способов согласования режимов работы систем водоснабжения и гидротранспортирования гидромониторно-землесосного комплекса.

Методы исследований. В работе использован комплекс методов: обобщение материалов ранее выполненных работ; анализ опыта гидромеханизации при разработке вскрышных пород на угольных разрезах Кузбасса; методы прикладной математики и математической статистики; технико-экономический анализ с использованием стоимостных параметров.

Объектом исследований является гидромеханизированная разработка четвертичных вскрышных пород на разрезах ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» с использованием мощных гидромониторов.

Предметом исследований являются технологические параметры работы гидромониторно-землесосного комплекса разреза в условиях возникновения дисбаланса подач гидросмеси при подрезке уступа высокопроизводительными гидромониторами.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

1. Величина дисбаланса подач насосно-гидромониторной и гидротранспортной установок, возникающего при подрезке уступа гидромониторами, определена как функция взаимозависимых параметров: физико-механических свойств разрабатываемых пород (группы пород), давления воды на насадке гидромонитора, ее диаметра и величины вруба, показывающая, что с увеличением напора воды перед насадкой дисбаланс постоянно возрастает.

2. Установлены зависимости изменения диапазона допустимого снижения производительности грунтового насоса (в зоне его промышленного использования), позволяющего исключить возможность заиливания пульповода для основных типов разрабатываемых пород и грунтовых насосов, при расстоянии транспортирования 2-8 км, геодезической высоте подъема гидросмеси 10-40 м и давлении воды на насадке гидромонитора в пределах от 1,4 до 2,0 МПа.

3. Экспериментально установлена линейная зависимость, определяющая диапазон изменения глубины регулирования подачи грунтового насоса по величине относительного снижения потребляемого им тока при впуске атмосферного воздуха в каналы рабочего колеса землесоса с целью уменьшения его производительности в период врубообразования для ликвидации дисбаланса подач гидросмеси насосно-гидромониторной и гидротранспортной установок.

4. Управляемый впуск атмосферного воздуха во всасывающий патрубок грунтового насоса обеспечивает снижение его производительности и поддержание баланса подач систем водоснабжения и гидротранспортирования в период сокращения притока гидросмеси в зумпф, вызванного подрезкой уступа гидромонитором, не снижая концентрации пульпы, и тем самым повышает производительность насосно-гидромониторной установки по твердому на $110 \text{ м}^3/\text{ч}$ и снижает на 22,5% удельные эксплуатационные затраты по сравнению с применяемым на разрезах Кузбасса для аналогичных целей способом включения зумпфowego гидромонитора.

Научная новизна исследований:

- установлена зависимость изменения величины дисбаланса подач насосно-гидромониторной и гидротранспортной установок, возникающего в момент под-

резки уступа гидромониторами (врубообразования), от физико-механических свойств разрабатываемых пород (группы пород), давления воды на насадке гидромонитора, ее диаметра и величины вруба;

- обоснован диапазон допустимого снижения величины производительности грунтового насоса при ликвидации дисбаланса подачи систем водоснабжения и гидротранспортирования гидрокомплекса разреза, который исключает возможность заиливания пульповода из-за уменьшения скорости движения гидросмеси в трубопроводе для основных типов разрабатываемых пород и грунтовых насосов разрезов Кузбасса;

- изменение глубины регулирования подачи землесоса зависит от величины относительного снижения потребляемого тока при впуске атмосферного воздуха в каналы его рабочего колеса;

- определена экономическая эффективность способа согласования систем водоснабжения и гидротранспортирования гидромониторно-землесосного комплекса при впуске воздуха во всасывающий патрубок грунтового насоса.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечиваются: корректной постановкой задач исследований; использованием широкого диапазона научных методов исследований, включающих анализ и обобщение теоретических и экспериментальных работ, аналитические исследования с использованием основополагающих положений механики, гидравлики, гидромеханизации и теории насосных установок, экономико-математического моделирования и обработки результатов исследований с помощью статистических методов; удовлетворительной сходимостью фактических результатов расчетным (по установленным зависимостям).

Научное значение работы состоит в установлении взаимосвязи между параметрами процессов гидровскрышных работ, степенью их влияния на эффективность работы гидромониторно-землесосного комплекса для различных горнотехнических условий эксплуатации.

Практическое значение работы заключается в том, что разработаны методические рекомендации для расчета величины дисбаланса подач гидросмеси и обоснован способ его ликвидации, что позволяет в условиях разреза «Талдинский» повысить производительность гидрокомплекса с 380 до 490 м³/ч и сократить эксплуатационные затраты на 22,5 %.

Личный вклад автора заключается:

- в сборе, обработке и анализе данных при установлении зависимости изменения величины дисбаланса подач насосно-гидромониторной и гидротранспортной установок;

- в определении диапазона допустимого снижения величины производительности грунтового насоса при ликвидации дисбаланса подачи систем водоснабжения и гидротранспортирования гидрокомплекса разреза;

- в установлении экспериментальной зависимости глубины регулирования подачи грунтового насоса от сокращения величины потребляемого тока в результате подачи атмосферного воздуха во всасывающий патрубок землесоса;

- в проведении технико-экономического сравнения способов согласования режимов работы систем водоснабжения и гидротранспортирования гидромониторно-землесосного комплекса.

Реализация выводов и рекомендаций. Разработанные методические рекомендации приняты ЗАО «Гипроуголь» для использования в проектной практике для разрезов, применяющих гидромеханизацию, в частности для условий филиала ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» «Талдинский угольный разрез», используются в КузГТУ в учебном процессе для студентов специальности «Открытые горные работы» при изучении дисциплины «Гидромеханизация».

Апробация работы. Положения диссертационной работы докладывались на Международной научно-практической конференции «Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности» в 2009-2013гг., Международном симпозиуме «Неделя горняка» в МГГУ в 2012г., VI съезде гидромеханизаторов России в 2012 г. (г.Москва), IX Международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» в 2012г., технических совещаниях ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» и кафедре «Открытые горные работы» КузГТУ в 2012-2014 гг.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 12 научных статьях, в том числе 3 в изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 69 наименований, 2 приложений, изложена на 161 странице машинописного текста, включая 53 таблицы и 25 рисунков. Автор выражает признательность проф., д.т.н. Ташкинову А.С. и в целом коллективу кафедры «Открытые горные работы» КузГТУ за ценные советы и поддержку при выполнении исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Анализ проведенных ранее исследований и научных публикаций по вопросам повышения эффективности работы гидромониторно-землесосных комплексов показал, что основополагающие научные исследования, заложившие методический подход к расчету параметров процессов гидромеханизации и выбору оборудования гидрокомплексов были проведены Н. Д. Холиным, Г. А. Нурок, В. Ф. Хныкиным, И. Б. Шлайном, А. И. Хариным, В. Н. Покровской и др. в период 1970-1990 гг.

Первоначально повышение эффективности работы гидромеханизации разрезов достигалось путем совершенствования отдельных ее процессов: подготовка пород к размыву (А. Д. Алексеев, М. С. Подгорный); гидромониторный размыв (Э. И. Агаева, В. А. Антонов, А. В. Никитин); гидротранспортирование (А. П. Юфин, А. Е. Смолдырев) или конструкции технических средств (В. С. Шильковский, В. П. Гоголашвили).

Следующий этап повышения эффективности базировался на совершенствовании организации ведения работ, продлении сезона и техническом нормировании параметров гидрокомплексов разрезов. При этом наряду с отдельными исследователями (И. М. Ялтанец, В. Г. Лешков, И. Ф. Литвин) к повышению эффективности гидромеханизации разрезов были привлечены отраслевые институты – НИИОГР («Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах») и «Сибгипрошахт» (Нормы технологического проектирования угольных разрезов. Раздел «Гидромеханизация вскрышных работ на разрезах»).

В дальнейшем развитие получили методы, направленные на энергосбережение и комплексность решаемых гидромеханизацией задач (Е. А. Кононенко, В. В. Чаплыгин) и, наконец, В. И. Шелоганов методически объединил расчеты параметров систем водоснабжения и гидротранспортирования гидромониторно-землесосного комплекса, что позволило определять действительные (фактические) параметры в конкретных горнотехнических условиях и их согласовывать.

Однако в период проведения исследований этими учеными временный дисбаланс подач пульпы в зумпф, возникающий в период подрезки уступа струей гидромонитора, нивелировался количеством применяемых (и работающих одновременно в разных режимах) маломощных гидромониторов и групповых забойных землесосных установок. При этом суммарный, примерно одной консистенции, приток гидросмеси в зумпф практически не влиял на работу системы гидротранспорта.

При проведении анализа современного состояния гидромеханизации на разрезах Кузбасса, в работе рассмотрены свойства, современная технология и объемы разрабатываемых пород, технико-экономические показатели работы гидрокомплексов разрезов и типы основного оборудования.

Установлено, что во время врубобразования производительность гидромонитора по твердому значительно сокращается, по сравнению с периодом размыва обрушенной породы, и количество гидросмеси, поступающей в зумпф, уменьшается, что приводит к понижению уровня гидросмеси в зумпфе и требует приостановки землесоса. Это обстоятельство становится особенно актуальным при применении современных мощных гидромониторов типа ГД-300.

На практике, с целью исключения понижение уровня гидросмеси в зумпфе (рис. 1), устанавливают и периодически включают зумпфовой гидромонитор 3, что позволяет избежать частых остановок и запусков землесосных агрегатов, однако при этом уменьшается напор и расход забойного гидромонитора и концентрация твердого в перекачиваемой на гидроотвал гидросмеси по пульпопроводу $D_{пв}$. Это значительно снижает технико-экономические показатели гидрокомплексов (уменьшается КПД гидротранспортной установки и увеличивается удельный расход электроэнергии).

Для обеспечения стабильной и высокоэффективной работы гидромониторно-землесосного комплекса разреза необходимо обосновать способ оперативного регулирования режима работы грунтового насоса.

Величина дисбаланса производительности систем водоснабжения и гидротранспортирования гидрокомплекса определяется из выражения:

$$\Delta Q_{\Gamma} = Q_{\Gamma,см} - Q_{\Gamma,вр} = \frac{Q_{в}}{q_2}(1 - m + q_2) - \frac{Q_{в}}{q_1}(1 - m + q_1), \quad (1)$$

где ΔQ_{Γ} – величина дисбаланса производительности систем водоснабжения и гидротранспортирования гидрокомплекса, $м^3/ч$; $Q_{\Gamma,см}$ – производительность гидромонитора по гидросмеси при смыве обрушенной породы, $м^3/ч$; $Q_{\Gamma,вр}$ – производительность гидромонитора по гидросмеси при подрезке уступа (образовании врубa), $м^3/ч$; $Q_{в}$ – производительность гидромонитора по воде, $м^3/ч$; m – пористость разрабатываемой породы, дол. ед.; q_2 – удельный расход воды на размыв обрушенной породы, $м^3/м^3$; q_1 – удельный расход воды на подрезку уступа, $м^3/м^3$.

После преобразования получим:

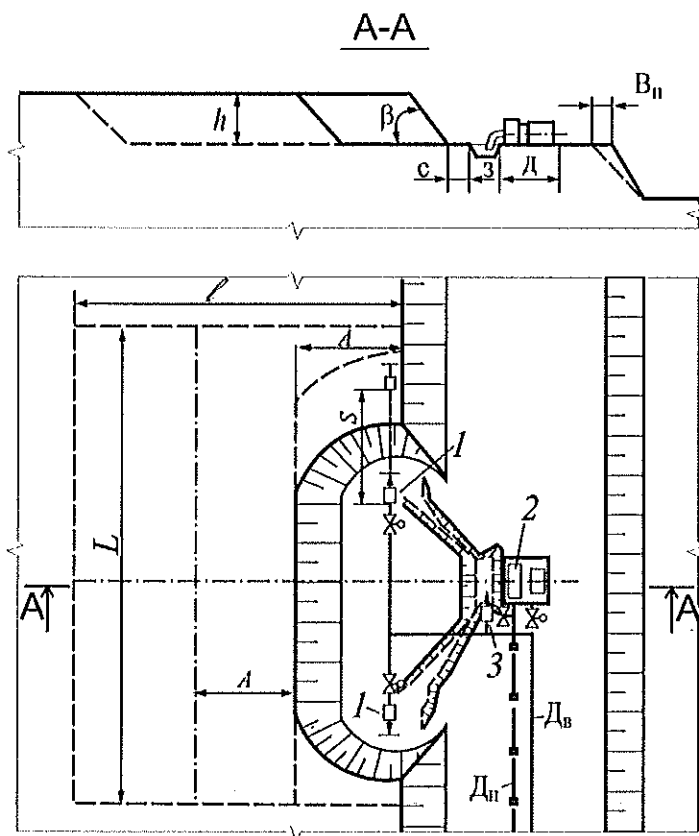


Рис. 1. Технология гидровскрышных работ с применением гидромониторно-землесосных комплексов: 1 – забойный гидромонитор, 2 – землесосный агрегат, 3 – зумпфовой гидромонитор, S – шаг передвижки гидромонитора, h – высота забоя, A – ширина гидромониторной заходки, D_в – водовод, D_п – пульповод

$$\Delta Q_r = Q_v \cdot \frac{q_1 - q_2}{q_1 \cdot q_2} (1 - m). \quad (2)$$

Кроме абсолютного значения величины дисбаланса подач весьма важным параметром является значение глубины регулирования ΔQ (%) подачи грунтового насоса с целью снижения его производительности в период подрезки уступа струей гидромонитора. Его определяем по формуле:

$$\Delta Q = \frac{\Delta Q_r}{Q_{г.см}} \cdot 100. \quad (3)$$

В работе исследованы факторы, от которых зависит удельный расход воды на процесс подрезки уступа. Для этого использована зависимость общего удельного расхода воды от высоты уступа при постоянном расстоянии до забоя, которая выражается уравнением:

$$q = \frac{q_1 h_{вр} + q_2 (h - h_{вр})}{h}, \quad (4)$$

где q – общий удельный расход воды, м³/м³; $h_{вр}$ – высота врубовой щели, м; h – полная высота уступа, м.

Удельный расход воды определяется по «Типовым технологическим схемам ведения горных работ на угольных разрезах» (М.: Недра, 1982) в соответствии с нормативами в зависимости от категории (группы) пород по трудности их разработки гидромониторами. Удельный расход воды в процессе смыва обрушенной в результате подрезки породы, q_2 принимается по той же таблице, что и q , но для предварительно разрыхленной породы, т.е. для группы пород на две единицы ниже. Так, например, если разрабатывается V группа пород, то q принимается для V категории, а q_2 – для III.

Решая уравнение (4) относительно q_1 , получим формулу для расчета удель-

ного расхода воды в процессе подрезки забоя:

$$q_1 = \frac{qh - q_2(h - h_{вр})}{h_{вр}}. \quad (5)$$

Графические зависимости изменения удельного расхода воды q_1 на врубоброзование от высоты вруба $h_{вр}$ и от категории трудности разработки пород гидромониторами приведены на рис. 2. Полученные зависимости позволяют учитывать влияние основных горнотехнических и технологических параметров гидрокомплексов на способ согласования режимов работы оборудования гидромониторно-землесосного комплекса для ликвидации дисбаланса.

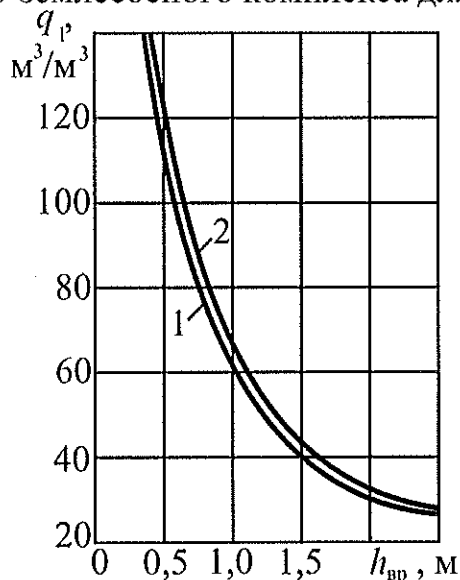


Рис. 2. Графики зависимости удельного расхода воды q_1 на врубоброзование от высоты вруба $h_{вр}$ и от категории трудности разрабатываемых пород гидромониторами: 1, 2 – соответственно V и VI категории

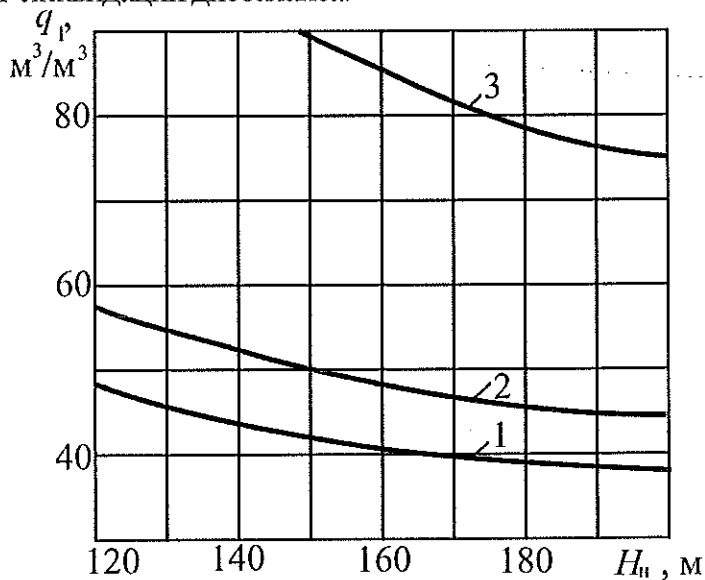


Рис. 3. Графики зависимости удельного расхода воды q_1 на врубоброзование от напора перед насадкой H_n (м) при разработке суглинков – 1; глин полужирных – 2; глин тяжелых высокопластичных – 3

Зависимости удельного расхода воды q_1 при подрезке гидромонитором уступа от напора H_n (м) перед насадкой гидромонитора при разработке суглинков, глин полужирных и глин тяжелых высокопластичных показаны на рис. 3. Расчеты выполнены для высоты уступа 20 м и высоты врубовой щели 1,2 м.

Анализ параметров, входящих в зависимости (2, 3, 4 и 5), позволяет определить основные факторы, влияющие на величину дисбаланса. Основной параметр Q_v – производительность гидромонитора по воде зависит от возможностей системы водоснабжения, а именно от давления на насадке гидромонитора H_n , ее диаметра и группы (категории) разрабатываемых пород. Величину удельного расхода воды q_1 и q_2 также определяют в зависимости от группы разрабатываемых пород и высоты вруба $h_{вр}$.

Таким образом, с целью оценки влияния на величину дисбаланса, в первую очередь следует проанализировать изменение его величины от таких параметров как давление воды на насадке гидромонитора при различных значениях диаметра насадки, группы разрабатываемых пород и величины высоты вруба. Для расчета значения величины дисбаланса притока гидросмеси и глубины регулирования подачи грунтового насоса с целью снижения его производительности в период подрезки уступа струей гидромонитора в любых горнотехнических условиях, разработан алгоритм, который представлен на рис. 4.

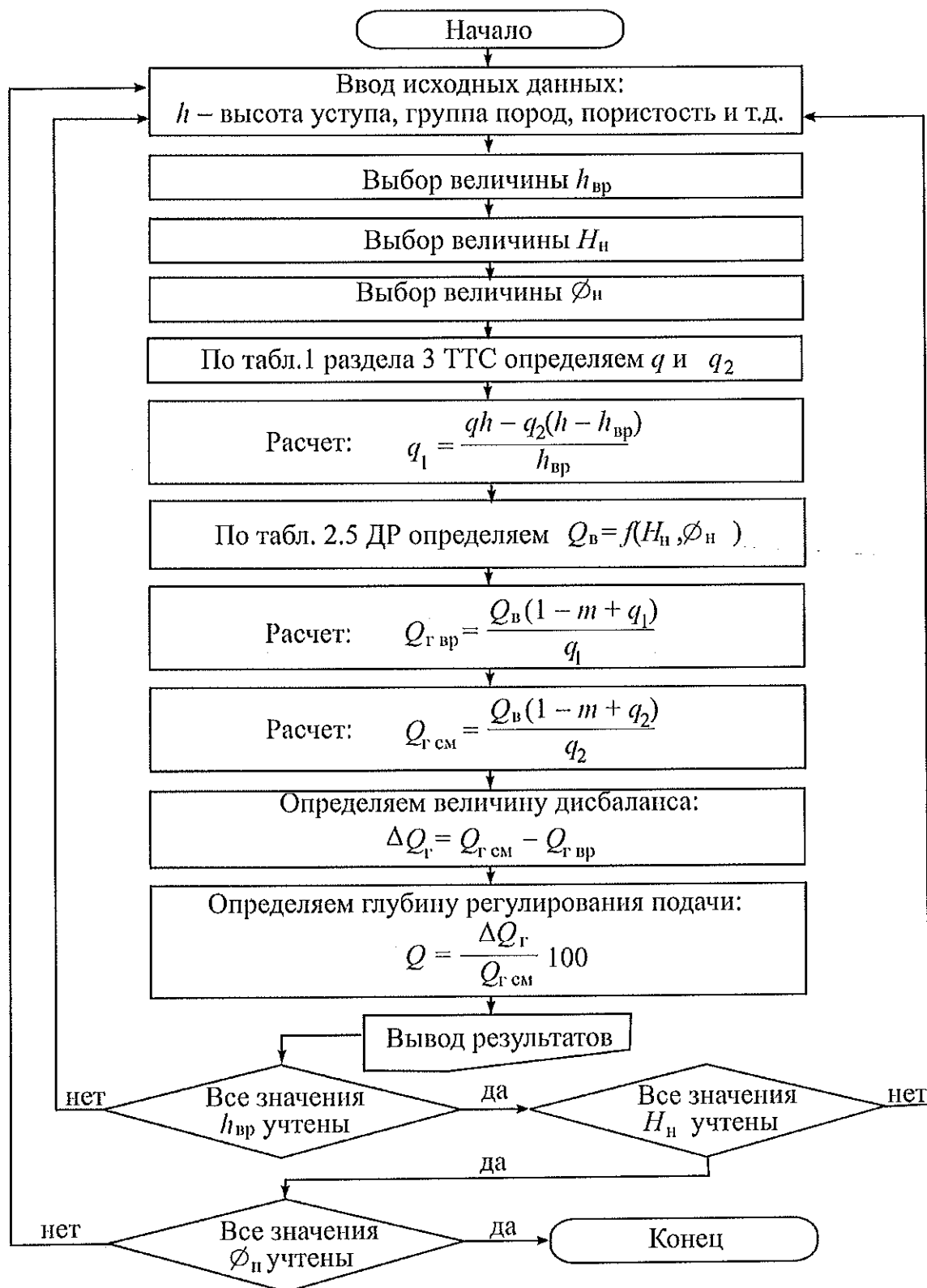


Рис. 4. Алгоритм расчета величины дисбаланса и глубины регулирования подачи грунтового насоса

Разработанный алгоритм позволяет исследовать изменение величины дисбаланса притока гидросмеси в зумпф при:

- известной группе разрабатываемых пород и диаметре насадки для различных значений величины вруба (рис.5);
- определенной величине давления на насадке гидромонитора и группе разрабатываемых пород для различных значений диаметра насадки (рис.6);

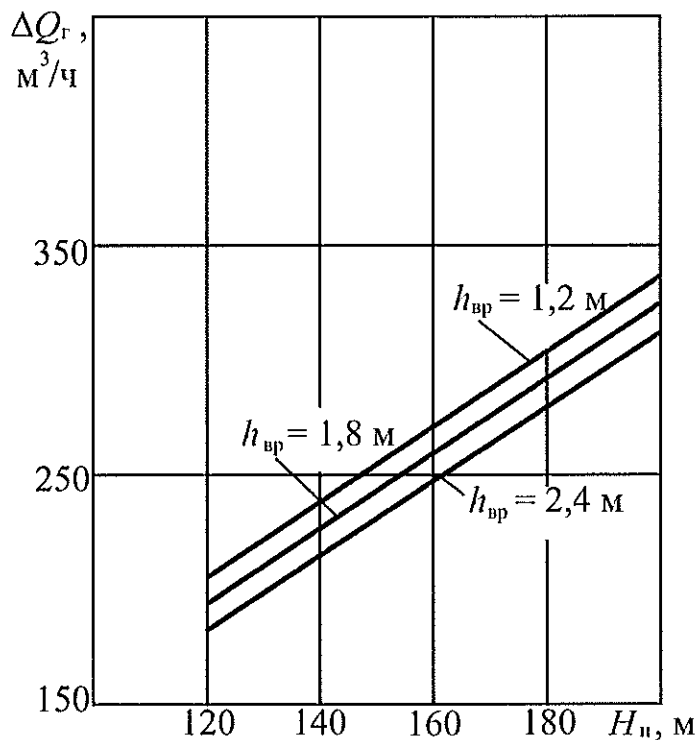


Рис. 5. Графики зависимости дисбаланса подач для V группы пород при $\phi_n = 125$ мм

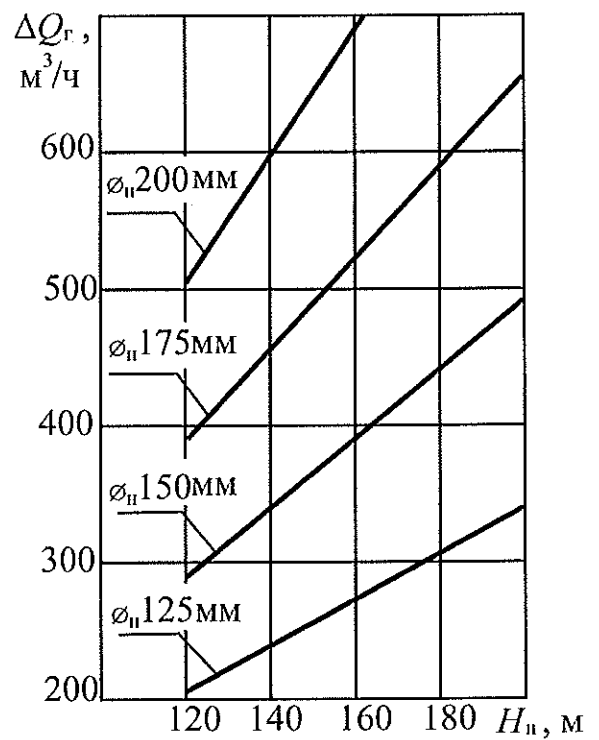


Рис. 6. Зависимость изменения величины дисбаланса подач от диаметра насадки гидромонитора (для V группы пород при $h_{bp} = 1,2$ м)

– известной величине давления на насадке гидромонитора и величине вруба для различных групп разрабатываемых пород (рис.7);

– различных значениях напора перед насадкой гидромонитора H_n (м) при разработке различных видов пород (рис.8).

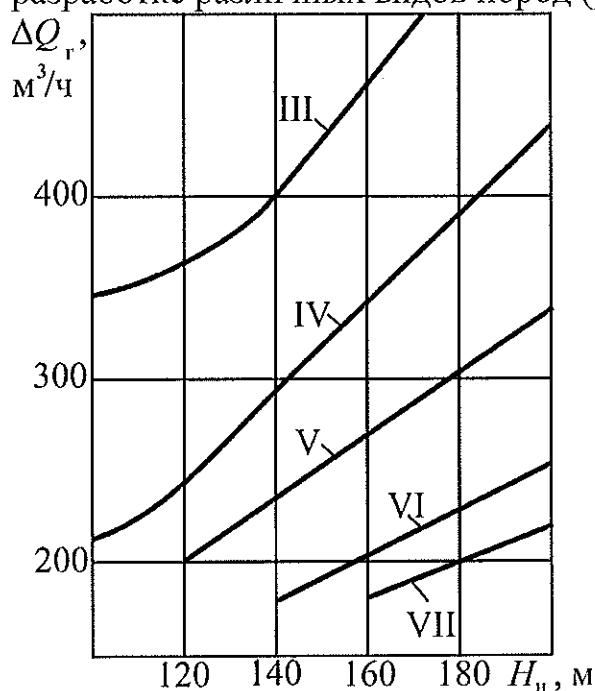


Рис. 7. Изменение величины дисбаланса при $\phi_n = 125$ мм и $h_{bp} = 1,2$ м

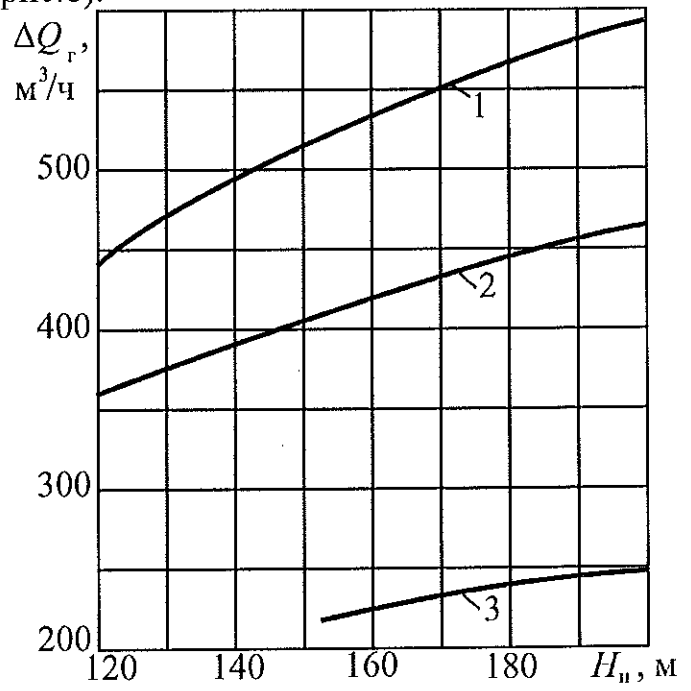


Рис. 8. Графики зависимости дисбаланса ΔQ_r притока гидросмеси в зумпф при смыве и подрезке от напора перед насадкой гидромонитора H_n . Размываемые породы: 1 – суглинки; 2 – глины полужирные; 3 – глины тяжелые высокопластичные

Эти зависимости позволяют производить расчеты параметров гидромониторно-землесосных комплексов при проектировании гидромеханизации разрезов, изменения величины глубины регулирования подачи грунтовых насосов и выбрать способ регулирования подачи грунтового насоса (по величине глубины регулирования) для любых групп разрабатываемых пород при определенных значениях диаметра насадки гидромонитора и величины высоты вруба (рис.9).

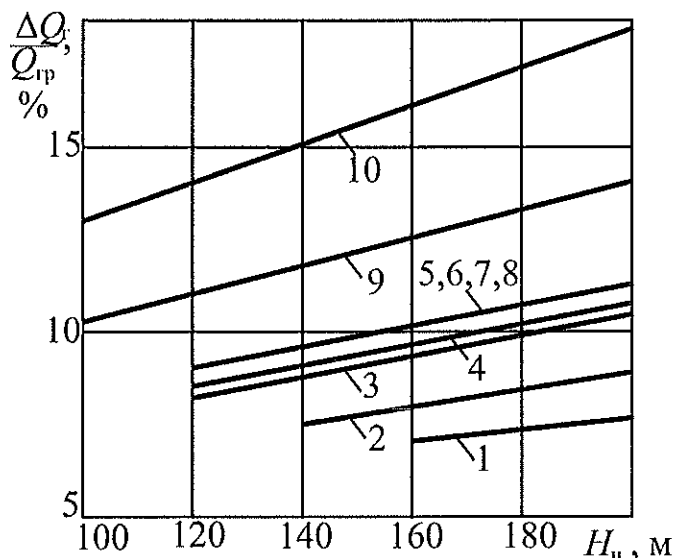


Рис. 9. Графики изменения величины глубины регулирования подачи грунтовых насосов с целью компенсации дисбаланса систем водоснабжения и гидротранспортирования ($h_{вр} = 1,2$ м): 1. $\varnothing_n = 125$ мм; гр. пород VII. 2. $\varnothing_n = 125$ мм; гр. пород VI. 3. $\varnothing_n = 125$ мм; гр. пород V. 4. $\varnothing_n = 125$ мм; гр. пород IV. 5, 6, 7, 8 - $\varnothing_n = 125, 150, 175, 200$ мм; гр. пород V. 9. $\varnothing_n = 125$ мм; гр. пород IV. 10. $\varnothing_n = 125$ мм; гр. пород III

Графики зависимости дисбаланса ΔQ_g притока гидросмеси из гидромониторного забоя в зумпф в период подрезки и подачи грунтового насоса от напора перед насадкой H_n , приведенные на рис. 7, показывают, что с увеличением напора перед насадкой дисбаланс постоянно возрастает для всех рассматриваемых категорий пород. Поэтому напор следует выбирать по величине нормативного удельного расхода воды на разработку в зоне минимальных его значений.

Полученные результаты позволили сформулировать 1 научное положение: Величина дисбаланса подач насосно-гидромониторной и гидротранспортной установок, возникающего при подрезке уступа гидромониторами, определена как функция взаимозависимых параметров: физико-механических свойств разрабатываемых пород (группы пород), давления воды на насадке гидромонитора, ее диаметра и величины вруба, показывающая, что с увеличением напора воды перед насадкой дисбаланс постоянно возрастает.

Расчет величины дисбаланса подач гидросмеси в забойный зумпф системой водоснабжения в период подрезки уступа гидромониторной струей и действительной производительностью системы гидротранспортирования необходим для выбора способа его компенсации. В качестве примера определим его величину для наиболее характерных условий. Принимаем высоту разрабатываемого уступа $h = 20$ м, а категорию пород — V ($q = 7$ м³/м³ при величине давления воды перед насадкой гидромонитора $H_n = 180$ м), задаемся диаметром насадки гидромонитора $\varnothing = 125$ мм и значением пористости пород $m = 0,4$. В таком случае (при $h_{вр} = 1,2$ м) величина дисбаланса ΔQ_g составит 294 м³/ч (см. рис. 7), а глубина регулирования подачи — 10,4 % (см. рис.9).

Следовательно, способ регулирования величины подачи грунтового насоса должен обеспечить именно такое снижение его производительности.

Снижение величины подачи грунтового насоса с целью ликвидации дисбаланса производительности систем водоснабжения и гидротранспортирования гидрокомплекса разреза приводит к снижению скорости движения гидросмеси в трубопроводе. Это может вызвать заиливание пульповода, следовательно, необходимо внести ограничение величины снижения подачи с целью исключения падения скорости ниже критической. В работе произведены расчеты параметров гидротранспорта для применяемых в настоящее время на разрезах Кузбасса основных типов грунтовых насосов – ЗГМ-2М и ГР4000-71. В результате определены зависимости действительной величины подачи грунтового насоса (землесоса) от дальности транспортирования и геодезической высоты подъема гидросмеси при применении указанных типов оборудования (рис. 10).

Они позволяют для конкретных горнотехнических условий установить минимально возможную подачу грунтового насоса, которая не вызовет негативных последствий в работе системы гидротранспортирования. Тем самым доказано второе научное положение: Установлены зависимости изменения диапазона допустимого снижения производительности грунтового насоса (в зоне его промышленного использования), позволяющего исключить возможность заиливания пульповода для основных типов разрабатываемых пород и грунтовых насосов, при расстоянии транспортирования 2-8 км, геодезической высоте подъема гидросмеси 10-40 м и давлении воды на насадке гидромонитора в пределах от 1,4 до 2,0 МПа.

Анализ способов регулирования величины подачи грунтового насоса, проведенный в работе, позволил выбрать способ впуска атмосферного воздуха во всас, который по данным исследований Толстых В.И. приводит к понижению напорной характеристики насоса. Снижение давления происходит, в основном, за счет неполного преобразования динамического напора в статический в отводе и в нагнетательном патрубке. При этом подача насоса снижается вследствие уменьшения объема всасываемой жидкости на величину всасываемого воздуха, а также за счет падения развиваемого насосом напора и отклонения потока на выходе из каналов рабочего колеса.

Для определения максимально возможного снижения производительности землесоса при впуске воздуха в промышленных условиях филиалов ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» «Талдинский угольный разрез» и «Кедровский угольный разрез» проведены экспериментальные исследования.

Общая схема эксперимента представлена на рис. 11. Зумпфовая гидротранспортная установка, оснащенная грунтовым насосом 1 забирает гидросмесь четвертичных вскрышных пород, поступающую в зумпф 2 и транспортирует ее по пульповоду 3 на гидроотвал.

Для проведения эксперимента во всасывающий трубопровод землесоса 4 устанавливали пробковый кран 5. Потребляемый электродвигателем 6 грунтового насоса 1 ток регистрировался амперметром 7. В системе электропитания привода 6 использовался амперметр 7, давление в пульповоде измерялось манометром 9 и дополнительно электронным прибором АИР-10S-ДИ-1170-М20 с тензодатчиком 8.

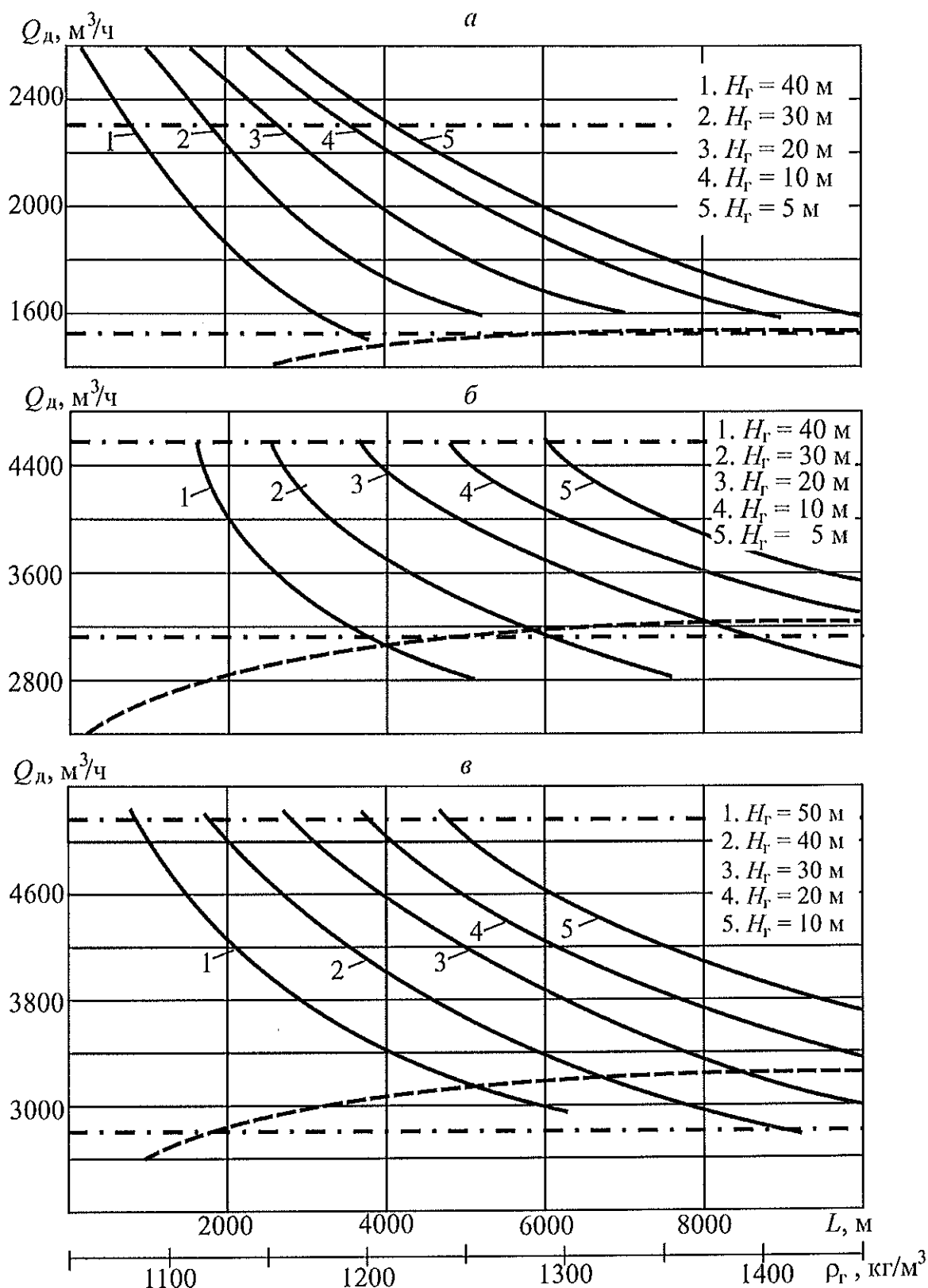


Рис.10. Графические зависимости действительной подачи грунтового насоса (землесоса) от дальности транспортирования и геодезической высоты подъема гидросмеси при применении: а) землесоса ЗГМ-2М; б) грунтового насоса Гр4000-71; в) двух параллельно работающих землесосов ЗГМ-2М. — · — — зона промышленного использования землесоса; — — — — — ограничение по величине критической скорости

Исследования заключались в постепенном (поэтапном) открывании крана 5 в период работы землесоса и одновременном замере величины H_n и A . Главной

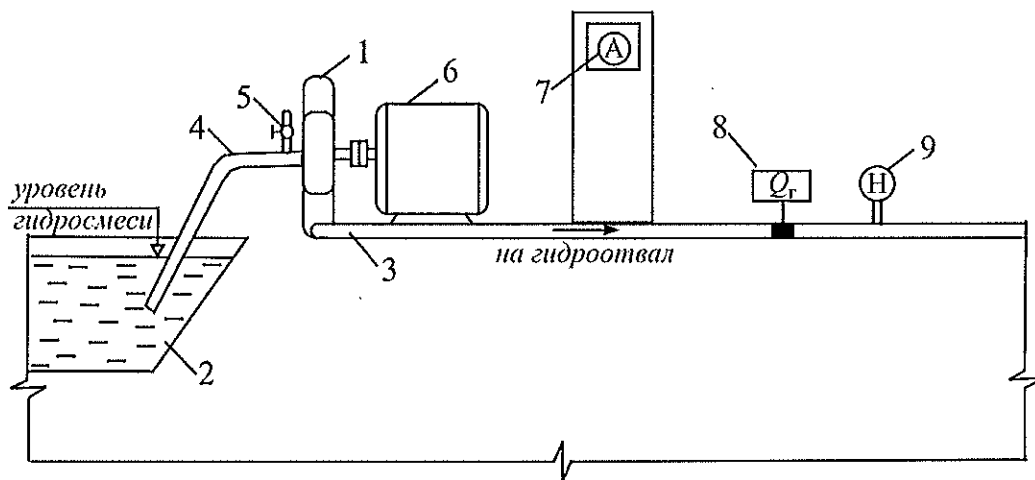


Рис.11. Схема эксперимента по исследованию диапазона снижения величины подачи грунтового насоса при впуске воздуха во всас

задачей эксперимента являлось установление диапазона снижения величины подачи грунтового насоса и его напора. Кроме того, ставилась задача установить зависимость изменения относительного снижения подачи (производительности) землесоса от величины потребляемой электроэнергии (по показаниям амперметра) с тем, чтобы в последующем по показаниям амперметра устанавливать и регулировать необходимое значение снижения производительности грунтового насоса.

В работе аналитически установлена зависимость изменения глубины регулирования подачи землесоса (дол. ед.) при впуске воздуха в его всасывающий патрубок:

$$\frac{Q_{гн} - Q_{гi}}{Q_{гн}} = \frac{\Delta Q_r}{Q_{гн}} = 1 - \frac{H_{гн}}{H_{гi}} \cdot \frac{I_{ли}}{I_{ли}}, \quad (6)$$

где $Q_{гн}$, $H_{гн}$ и $I_{ли}$ – расход, напор и потребляемый ток землесоса в номинальном режиме его работы; $Q_{гi}$, $H_{гi}$ и $I_{ли}$ – промежуточные значения расхода, напора и потребляемого тока землесоса при впуске воздуха для снижения его производительности.

По формуле (6) расчет значения глубины регулирования по величине снижения потребляемого тока $\Delta I = I_{ли} - I_{ли}$ невозможен, т.к. она включает параметры $H_{гi}$ и $I_{ли}$, которые заранее не известны и могут быть установлены только путем экспериментальных замеров. Решение этой задачи было найдено, когда в зависимости (6) параметр $H_{гi}$ был выражен через $I_{ли}$. На основании экспериментальных данных была построена (рис. 12) графическая зависимость $H_{гi} = f(I_{ли})$,

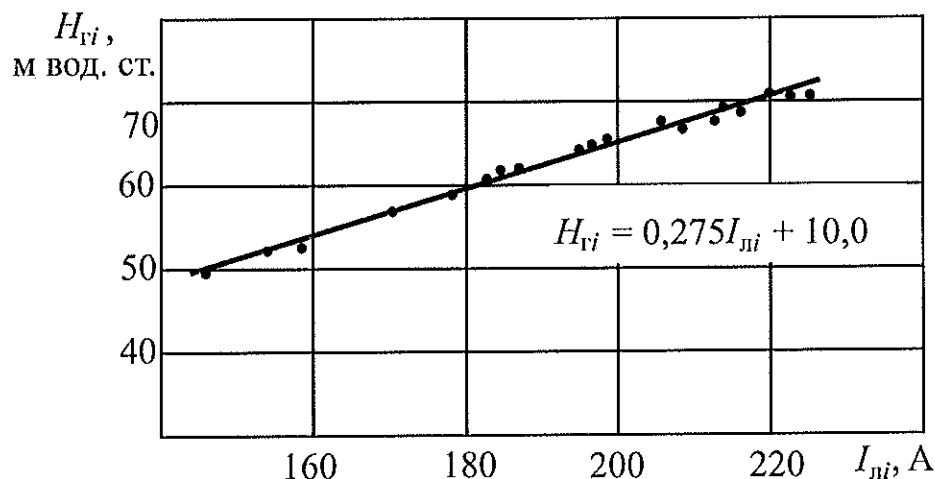


Рис. 12. Графическая зависимость $H_{гi} = f(I_{ли})$

которая после математической обработки получила аналитическое выражение

$$H_{гн} = \kappa I_{ли} + \nu = 0,275 I_{ли} + 10,0, \quad (7)$$

где $I_{ли}$ – величина тока, а; κ и ν – коэффициенты численно равные, соответственно 0,275 и 10,0.

Достоверность формулы (7) оценивается коэффициентом корреляции, равным 0,99.

Подставив в формулу (6) зависимость (7) после преобразований получаем искомую зависимость изменения глубины регулирования Γ (в %) подачи землесоса от снижения величины тока ΔI :

$$\Gamma = 100 \left[1 - \frac{H_{гн}}{I_{ли} \left(\frac{\nu}{I_{ли}} + \kappa \right)} \right], \quad (8)$$

Для инженерных расчетов и практического использования зависимость (8) может быть преобразована (аппроксимирована) в более удобную:

$$\Gamma = 0,1 \Delta I, \% \quad (9)$$

где ΔI – величина снижения тока при впуске атмосферного воздуха во всасывающий патрубок землесоса, выраженная в амперах.

Оценка погрешности при расчете по формуле (9) по сравнению с определением глубины регулирования подачи грунтового насоса по зависимости (8) позволяет утверждать, что достоверность расчетной величины характеризуется значением коэффициента корреляции $r=0,9$, что вполне приемлемо для применения формулы (9) машинистом землесосной станции в промышленных условиях. В результате сформулировано третье научное положение: Экспериментально установлена линейная зависимость, определяющая диапазон изменения глубины регулирования подачи грунтового насоса по величине относительного снижения потребляемого им тока при впуске атмосферного воздуха в каналы рабочего колеса землесоса с целью уменьшения его производительности в период врубобообразования для ликвидации дисбаланса подач гидросмеси насосно-гидромониторной и гидротранспортной установок.

На следующем этапе исследований было произведено сравнение существующего способа ликвидации дисбаланса подач между насосно-гидромониторной и гидротранспортной установками, возникающего в момент подрезки уступа гидромониторами путем включения зумпфового гидромонитора (увеличивая тем самым объем гидросмеси в зумпфе за счет подачи дополнительной воды) с методом управления производительностью землесоса путем впуска воздуха в его всасывающий трубопровод.

Для этого произведено определение действительных режимов работы оборудования насосно-гидромониторной установки при работе забойного и зумпфового гидромониторов гидрокомплекса филиала ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» «Талдинский угольный разрез», где работает гидромонитор Т-521 (аналог гидромонитора ГД-300). Установлено, что производительность насосно-гидромониторной установки по твердому при использовании метода управления производительностью землесоса путем впуска воздуха (без использования зумп-

фового гидромонитора) составит $490 \text{ м}^3/\text{ч}$. При использовании же зумпфового гидромонитора производительность гидрокомплекса равна $380 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Технико-экономическое сравнение этих вариантов ликвидации дисбаланса подач между насосно-гидромониторной и гидротранспортной установками, возникающего в период подрезки уступа высокопроизводительным гидромонитором, показало, что выпуск атмосферного воздуха в каналы рабочего колеса землесоса с целью снижения его производительности обеспечивает в этот период, по сравнению со способом подачи дополнительной воды зумпфовым гидромонитором для увеличения объема гидросмеси в зумпфе, повышение производительности гидрокомплекса в условиях филиала «Талдинский угольный разрез» на $110 \text{ м}^3/\text{ч}$ и сокращение эксплуатационных затрат на 22,5 %.

На основе этого сформулировано четвертое научное положение: Управляемый выпуск атмосферного воздуха во всасывающий патрубок грунтового насоса обеспечивает снижение его производительности и поддержание баланса подач систем водоснабжения и гидротранспортирования в период сокращения притока гидросмеси в зумпф, вызванного подрезкой уступа гидромонитором, не снижая концентрации пульпы, и тем самым повышает производительность насосно-гидромониторной установки по твердому на $110 \text{ м}^3/\text{ч}$ и снижает на 22,5% удельные эксплуатационные затраты по сравнению с применяемым на разрезах Кузбасса для аналогичных целей способом включения зумпфового гидромонитора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения по обоснованию технологических параметров гидромониторно-землесосных комплексов разрезов Кузбасса, обеспечивающих ликвидацию дисбаланса подач систем водоснабжения и гидротранспортирования, возникающего в момент подрезки уступа мощными гидромониторами, поддержание высокой концентрации твердого в смеси и повышение производительности гидромониторно-землесосного комплекса разреза, что имеет существенное значение для угольной промышленности.

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

1. Временный, регулярно повторяющийся дисбаланс подач систем водоснабжения и гидротранспортирования, возникает в момент подрезки уступа гидромониторами, так как производительность гидромонитора по твердому в это время значительно сокращается по сравнению с периодом размыва обрушенной породы и количество гидросмеси, поступающее в зумпф, уменьшается.

2. Установлены зависимости изменения удельного расхода воды на врубобразование от высоты вруба и от категории трудности разрабатываемых пород, а также графические зависимости удельного расхода воды на врубобразование от напора перед насадкой, которые позволили разработать алгоритм расчета величины необходимой глубины регулирования подачи грунтового насоса с целью снижения его производительности в период подрезки уступа струей гидромонитора.

3. Анализ величины дисбаланса, как функции взаимозависимых параметров: физико-механических свойств разрабатываемых пород (группы пород), давления воды на насадке гидромонитора, ее диаметра и величины впуска, показывает, что с увеличением напора воды перед насадкой дисбаланс постоянно возрастает.

4. Установлен диапазон допустимого снижения величины производительности грунтового насоса, который исключает возможность заиливания пульповода из-за уменьшения скорости движения гидросмеси в трубопроводе для основных типов разрабатываемых пород и грунтовых насосов разрезов Кузбасса в пределах изменения расстояния транспортирования гидросмеси до 10 км и геодезической высоты подъема пульпы до 50 м, который зависит, в основном, от геодезической высоты подъема гидросмеси и возрастает от 2,62 до 31,05 % при ее увеличении с 5 до 40 м для пород V–VII групп.

5. Экспериментальные исследования процесса регулирования подачи гидросмеси грунтовым насосом методом впуска воздуха в его всасывающий патрубок позволили установить аналитическую зависимость для расчета ее значения от величины снижения тока, потребляемого электродвигателем землесоса. Достоверность формулы, оценивается коэффициентом корреляции $r=0,99$.

6. Для практического применения рекомендуется простая линейная зависимость, в соответствии с которой фактическая глубина регулирования подачи землесоса, выраженная в %, может быть принята равной одной десятой от величины снижения потребляемого тока при впуске воздуха. Она характеризуется коэффициентом корреляции $r=0,9$.

7. Произведено сравнение способов согласования параметров систем водоснабжения и гидротранспортирования. Приняты варианты, когда для ликвидации дисбаланса притока гидросмеси в зумпф гидротранспортной установки и подачи грунтового насоса во время подрезки уступа, используются: зумпфовой гидромонитор (Вариант №1) или впуск атмосферного воздуха в каналы рабочего колеса с целью снижения производительности землесоса в этот период (Вариант №2). Для указанных вариантов установлено, что производительность насосно-гидромониторной установки по твердому без использования зумпфовой гидромониторы составит 490 м³/ч, а производительность при использовании во время подрезки зумпфовой гидромониторы – 380 м³/ч.

8. Техничко-экономическое сравнение указанных способов согласования систем водоснабжения и гидротранспортирования показало:

- величина удельных эксплуатационных затрат по варианту №1 (когда для ликвидации дисбаланса используются зумпфовой гидромонитор) составляет 57.38 руб./м³;

- величина удельных эксплуатационных затрат по варианту №2 (управляемый впуск атмосферного воздуха в каналы рабочего колеса) 44.47 руб./м³;

- в условиях разреза «Талдинский» предлагаемый способ согласования параметров систем водоснабжения и гидротранспортирования позволяет сократить эксплуатационные затраты на 22,5%.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы: разработать рекомендации и технические решения по автоматизации управления впуском воздуха во всасывающий патрубок землесоса.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:
в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

1. Поклонов, Д. А. Определение необходимых диаметров насадок гидромониторов с учетом режима работы насосной станции / Д. А. Поклонов, **Ю. И. Литвин**, С. И. Протасов // Вестник КузГТУ. – Кемерово, 2012. – № 4. – С. 52-55.

2. Протасов, С. И. Работа гидротранспортного оборудования при применении мощных гидромониторов / С. И. Протасов, **Ю. И. Литвин** // Маркшейдерия и недропользование. – 2012. – №6(62). – С. 35-37.

3. **Литвин, Ю.И.** Исследование способа временного снижения производительности землесоса / Ю. И. Литвин, А.С. Цветков // Маркшейдерия и недропользование. – 2013. – №3(65). – С. 38-42.

в других изданиях:

4. Парамонов, С. В. Программа технического перевооружения угольной компании «Кузбассразрезуголь» / С. В. Парамонов, **Ю. И. Литвин** // Сб. трудов XI Международной научно-практической конференции «Энергетическая безопасность России: новые подходы к развитию угольной промышленности». 15-18 сентября 2009 г. – Кемерово : ИУУ СО РАН, КузГТУ, 2009. – С. 167-169.

5. **Литвин, Ю. И.** Аспекты экологической и промышленной безопасности при применении гидромеханизации на разрезах Кузбасса / Ю. И. Литвин, Д. А. Поклонов, С. И. Протасов // Сб. трудов XIII Международной научно-практической конференции «Энергетическая безопасность России: новые подходы к развитию угольной промышленности». 20-23 сентября 2011г. – Кемерово : ИУУ СО РАН, КузГТУ, 2011. – С. 248-250.

6. Поклонов, Д. А. Гидромониторно-землесосные комплексы на разрезах ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» / Д. А. Поклонов, **Ю. И. Литвин** // Сб. докладов VI съезда гидромеханизаторов России «Инновационная направленность гидромеханизации горных и строительных работ. 8-10 февраля 2012г. – М.: Изд-во ООО «Центр инновационных технологий», 2012. – С. 188-193.

7. Протасов, С. И. Влияние дисбаланса режимов работы оборудования системы гидротранспорта на эффективность работы гидромониторно-землесосного комплекса / С. И. Протасов, **Ю. И. Литвин**, Д. А. Поклонов // Сб. докладов VI съезда гидромеханизаторов России «Инновационная направленность гидромеханизации горных и строительных работ. 8-10 февраля 2012г. – М.: Изд-во ООО «Центр инновационных технологий», 2012. – С. 170-180.

8. Поклонов, Д. А. Гидромониторно-землесосные комплексы на разрезах ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» / Д. А. Поклонов, **Ю. И. Литвин** // Сб. докладов VI съезда гидромеханизаторов России «Инновационная направленность гидромеханизации горных и строительных работ. 8-10 февраля 2012г. – М.: Изд-во ООО «Центр инновационных технологий», 2012. – С. 188-193.

9. **Литвин, Ю. И.** Особенности работы современных гидромониторно-землесосных комплексов при применении мощных гидромониторов // Сб. докладов VI съезда гидромеханизаторов России «Инновационная направленность гидромеханизации горных и строительных работ. 8-10 февраля 2012г. – М.: Изд-во ООО «Центр инновационных технологий», 2012. – С. 180-187.

10. **Литвин, Ю.И.** Определение дисбаланса подач гидросмеси, возникающего в момент подрезки уступа гидромониторами // Сб. трудов XIV Международной научно-практической конференции «Энергетическая безопасность России: новые подходы к развитию угольной промышленности». 18-21 сентября 2012г. – Кемерово : ИУУ СО РАН, КузГТУ, 2012. – С. 169-171.

11. **Литвин, Ю. И.** Оценка дисбаланса подачи гидросмеси, возникающего в момент подрезки уступа гидромониторами // Материалы IX Международной

научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2012». 1-2 ноября 2012г. – Кемерово, 2012. – Том 1. – С. 41-43.

12. **Литвин, Ю. И.** Ликвидация дисбаланса подач гидросмеси, возникающего в момент подрезки уступа гидромониторами / Ю. И. Литвин, С. И. Протасов // Сб. трудов XV Международной научно-практической конференции «Энергетическая безопасность России: новые подходы к развитию угольной промышленности». 08-11 октября 2013г. – Кемерово : ИУУ СО РАН, КузГТУ, 2013. – С. 47-54.

Подписано в печать . . . 2014. Формат 60х90/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.

Печ. л. 1.1. Тираж 100 экз. Заказ № _____

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования «Кузбасский государственный
технический университет имени Т.Ф. Горбачева»
650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28

Отпечатано в издательском центре УИП КузГТУ
650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а