

## ОТЗЫВ

официального оппонента канд. техн. наук Зубкова Антона Анатольевича  
на диссертацию Князькина Егора Алексеевича

«ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СХЕМ  
ВОДООТЛИВА ПОДЗЕМНОГО РУДНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ЭНЕРГИИ ГИДРОПОТОКОВ»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 20.00.22 – «Геотехнология  
(подземная, открытая и строительная)»

### **1. Актуальность избранной темы**

Выбранная тема диссертации приобретает особую актуальность и востребованность в связи с ростом доли энергетической составляющей в себестоимости готовой продукции горнодобывающих предприятий, которая достигает 37–40%. Рост затрат на энергоносители связан, в первую очередь, с переходом горных работ на большие глубины. Поэтому разработка нетрадиционных технологических решений, обеспечивающих сокращение общего электропотребления рудников, снижающих экологическую нагрузку при производстве и потреблении энергоносителей, в том числе за счет рекуперации части энергии, затрачиваемой на добычу минерального сырья из недр в ходе реализации геотехнологических процессов, представляет весьма актуальную научно-практическую задачу.

Также актуальность выбранной темы исследований подтверждается принятым в 2009 году Федеральным законом № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», который внес ряд существенных новаций в обязанности потребителей энергоресурсов, в том числе связанных с их учетом на всех стадиях производственного цикла, с проведением регулярных обязательных мероприятий по проведению энергоаудита для повышения энергоэффективности горного производства.

Снижение удельной энергоемкости продукции является основой повышения конкурентоспособности отечественных горнодобывающих предприятий. Поэтому эффективное и рациональное использование энергетических ресурсов крайне важно на современном этапе экономического развития горнодобывающей отрасли и заключается в использовании меньшего количества энергии для производства заданного, а иногда и увеличенного объема производства.

В связи с этим, диссертация Князькина Е.А., посвященная обоснованию параметров энергоэффективных схем водоотлива подземного рудника с использованием энергии гидротоков, имеет важное значение для безопасного и устойчивого развития горнопромышленного комплекса России и полностью соответствует критерию актуальности.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Автором доказан ряд новых положений, имеющих важное теоретическое и практическое значение для горной промышленности России. Наиболее существенными из них являются:

*1. Выбор рациональной схемы и структуры системы водоотлива должен осуществляться с учетом объемов генерации энергии посредством гидроэлектростанции малой мощности, условий очистки воды в гидроциклонах без внешнего энергопотребления и возможности снижения высоты подъема жидкости насосами при рациональном перераспределении очищенных гидротоков внутри горно-технической системы рудника на технологические нужды.*

На основе представленных в работе инновационных схем водоотлива, разработана методика выбора схемы, включающая новый подход к выбору рациональной энергоэффективной структуры водоотлива с учетом влияния гидрогеологических и климатических условий, глубины ведения горных работ, объема технологической воды, используемой в основных и вспомогательных геотехнологических процессах, содержания взвешенных веществ в локальных гидротоках подземного рудника.

*2. Эксплуатация системы рудничного водоотлива с использованием гидроэлектростанции малой мощности должна включать создание сети регулировочных водосборников на вышележащих горизонтах, объемом*  
$$V_{\text{водосб.}} = \frac{N_{\text{ГЭС}}}{H_{\text{рр}}} \cdot t_{\text{осажд.}}, \text{ м}^3, \text{ где: } N_{\text{ГЭС}} = (Q_{\text{ест.}} + Q_{\text{техн.}}) \cdot H_{\text{г.р.}} \cdot \rho \cdot g, \text{ Вт}$$
*– установленная мощность гидроэлектростанции; H, м – напор воды, созданный высотой перепуска;  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup> – плотность воды; g, м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения;  $t_{\text{осажд.}}$ , с, – время осаждения взвешенных частиц в гидротоке;  $Q_{\text{ест.}}$ , м<sup>3</sup>/с – естественный максимальный водоприток;  $Q_{\text{техн.}}$ , м<sup>3</sup>/с – максимальный приток технологической воды;  $H_{\text{г.р.}}$ , м – глубина разработки месторождения; при этом перепуск накопленного объема воды  $V_{\text{водосб.}}$  должен осуществляться по вертикальным или крутонаклонным скважинам, исключая горизонтальные или слабонаклонные участки на пути следования потока к гидротурбине активного типа.*

Данное положение основано на выполненных автором диссертации теоретических и экспериментальных исследованиях, которые подтвердили

эффективность применения разработанной схемы водоотлива с использованием гидроциклонов в качестве очистных гидроаппаратов, тем самым исключая или замещая в структуре классического водоотлива объемные водосборники. На основании представленных в диссертации материалов защищаемое положение доказано.

### **3. Достоверность и новизну исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность результатов диссертации подтверждается: надежностью и представительностью исходных данных; корректностью постановки задач исследований; сопоставимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований; использованием современного оборудования и апробированных методик; положительными результатами опытно-промышленной апробации технологии рекуперации энергии в системе водоотлива подземного рудника АО «ЮГК».

### **4. Значимость для науки и практики полученных автором результатов**

К основным научным результатам диссертации следует отнести:

–определены два новых подхода к снижению общего энергопотребления системой водоотлива через преобразование энергии гидротоков в электрическую и посредством использования энергии гидротоков для эффективной очистки вод без внешнего энергопотребления путем рациональной взаимосвязи конструктивных параметров горных выработок и гидродинамического оборудования;

–разработана методика определения параметров горнотехнической системы с применением гидротехнических установок для преобразования энергии гидротоков в подземном руднике с учетом влияния природных и техногенных факторов на объем водопритока в подземные выработки, гидрогеологических и климатических условий, глубины ведения горных работ, доли собственной энергии в энергетическом балансе рудника, пространственного расположения горных выработок, содержания взвешенных веществ в локальных гидротоках подземных горизонтов.

Практическая значимость работы заключается в разработке энергоэффективных структурных схем рудничного водоотлива, обеспечивающих снижение внешнего электро- и водопотребления рудника за счет внутренней генерации электрической энергии и перераспределения гидротоков системы рудничного водоотлива после очистки в гидроциклонах путем направления части потока на основные (бурение,

закладка) и вспомогательные (орошение забоев, промывка трубопроводов, обеспыливание) технологические процессы; обосновании конструкции системы перепускных скважин; повышении автоматизации процессов очистки рудничной воды; разработке технологических рекомендаций по переходу с классической схемы водоотлива на схему с рекуперацией энергии гидротоков. При этом, полученные результаты могут быть использованы на действующих горных предприятиях.

## **5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Полученные результаты исследований рекомендуются к использованию при разработке месторождений твердых полезных ископаемых с целью снижения энергопотребления системой шахтного водоотлива.

## **6. Оценить содержание диссертации, ее завершенность**

*Работа является завершенным научным исследованием, изложена логически, последовательно, грамотно, доступным языком с использованием современной терминологической базы, общепринятой в горном деле. Обработку результатов исследований соискатель выполнил при помощи современных компьютерных технологий. Диссертация соответствует всем требованиям научно-исследовательской работы, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.*

*Структура и объем работы.* Диссертация представлена на 158 страницах, состоит из введения, четырех глав, заключения и содержит 69 рисунков, 32 таблицы, библиографический список из 113 наименований.

*Качество оформления работы.* Работа выполнена и оформлена на высоком уровне, в соответствие со стандартами, предъявляемыми к оформлению диссертационных работ. Демонстрационный материал выполнен с использованием современных графических компьютерных программ. Таблицы, графики и рисунки легко читаются и воспринимаются. Качество оформления текста, графического материала диссертации, а также ссылок на используемые литературные источники, соответствуют предъявляемым требованиям.

*Содержание автореферата* полностью соответствует диссертации, раскрывает идею, защищаемые положения, научную новизну и выводы диссертационной работы.

*Публикации по работе.* Основные научные положения и результаты исследований опубликованы в 16 научных работах, 4 из которых - в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего

образования РФ; 5 – в изданиях, индексируемых в базах Web of Science и Scopus; 1 – патент на изобретение; 10 – в прочих изданиях. Печатные работы автора всесторонне и полно освещают основные положения диссертации.

*Апробация работы.* Основные результаты, положения и выводы докладывались и обсуждались на Международном симпозиуме «Неделя горняка» (Москва, 2019 и 2021); 14-м Международном симпозиуме «Освоение месторождений минеральных ресурсов и подземное строительство в сложных гидрогеологических условиях» (Белгород, 2019); VI Международной научно-технической конференции «Решение технологических и экологических проблем горных производств на территории России, ближнего и дальнего зарубежья» (Москва, 2019); X Международной конференции «Комбинированная геотехнология: переход к новому технологическому укладу» (Магнитогорск, 2019); II Международной научно-практической конференции «Наука и инновационные разработки – Северу» (Мирный, 2019); 14-й Международной научной школе молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых» (Москва, 2019); Международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность» (Севастополь, 2019); VIII International Scientific Conference «Problems of Complex Development of Georesources» (Хабаровск, 2020); Международной научной школе академика К.Н.Трубецкого «Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр» (Москва, 2020); II Всероссийской научно-практической конференции «Золото. Полиметаллы. XXI век» (Пласт, 2020).

#### **7. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, высказать мнение о научной работе соискателя в целом**

Существенным достоинством диссертации является разработанная методика определения параметров горнотехнической системы с применением гидротехнических установок для преобразования энергии гидропотоков в подземном руднике. В рамках развития научно-методических и практических основ эффективного ведения подземных горных работ применение данной методики дает возможность выбрать наиболее приемлемую схему водоотлива с точки зрения минимизации потребления электрической энергии, а также оценить влияние характеристик природных и техногенных источников шахтной воды на применяемый способ преобразования энергии гидропотоков. Несомненным достоинством работы является то, что разработанные в ней схемы водоотлива являются инновационными, что подтверждается полученным патентом на изобретение.

Замечания по диссертации:

1. Существует вероятность, что давление воды, которое образуется во всех схемах при перепуске гидропотока с больших высот по перепускным скважинам способно размыть место сочленения приемного трубопровода со скважиной, что может привести к аварийной ситуации. Следовало рассмотреть вариант дооснащения скважин обсадными трубами.

2. 3D моделирование выполнено в общем виде, без конкретизации характеристик типа моделей-прототипов насосной установки и гидроциклона, не конкретно приняты значения граничных условий моделирования, а также диапазон их изменения.

3. В лабораторном эксперименте, судя по фото с общим видом стенда, применяется гибкий трубопровод различного сечения, что может в той или иной мере повлиять на значения полученных результатов.

Указанные замечания не снижают значимость диссертации. Полученные результаты и выводы изложены последовательно в соответствии с поставленной целью и выдвинутой идеей и образуют единство сформулированных рекомендаций и положений, выносимых на защиту.

Содержание диссертации, научные положения, основные результаты и выводы соответствуют паспорту специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная) (пункты 6, 7, 9).

## **8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Оценивая диссертацию Князькина Е.А. в целом, следует отметить, что она является законченной научно-квалификационной работой, в которой автор на основе выполненных исследований дает принципиально новое решение актуальной научно-практической задачи повышения эффективности функционирования системы рудничного водоотлива, что имеет важное значение для эффективного, безопасного и устойчивого функционирования горнодобывающих предприятий России.

Судя по представленным материалам, диссертация написана лаконично, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты. Заявленная автором цель работы реализована и в достаточном объеме отражена в результатах и публикациях. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации по всем квалификационными признакам: цели, задачи исследований, пункты научной новизны, практическая значимость, положения, выносимым на защиту. Диссертация полностью соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении

ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, и заслуживает положительной оценки, а ее автор, Князькин Егор Алексеевич, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 - Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

Официальный оппонент:  
кандидат технических наук,  
заместитель генерального директора  
ООО «УралЭнергоРесурс»

  
А.А. Зубков

«24» мая 2021 г.

Я, Зубков Антон Анатольевич, автор отзыва, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Адрес: 455000, Челябинская обл., Магнитогорск, пр. Ленина, 85

Тел.: 8 (903) 090-69-25

E-mail: zubkov69@yandex.ru

Подпись заместителя генерального директора ООО «УралЭнергоРесурс»  
Зубкова Антона Анатольевича удостоверяю:

Начальник юридического отдела  
ООО «УралЭнергоРесурс»



Ю.Ф. Ваторин