

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Ананьева Кирилла Алексеевича «Создание исполнительного органа геохода для разрушения пород средней крепости», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.06 «Горные машины»

На рецензию представлена рукопись диссертационной работы полным объемом 144 с. машинописного текста, в том числе 72 рисунка, 35 таблиц, 1 приложение и библиография из 110 наименований. Работа содержит введение, 4 основных раздела и заключение.

1. Актуальность избранной темы

Диссертационная работа посвящена дальнейшему развитию впервые созданному в России принципиально новому способу проведения горных выработок - геовинчестерской технологии, сущность которой заключается в использовании подземной геосреды в качестве опоры винтового движителя для перемещения горнопроходческого агрегата в подземном пространстве. В настоящее время научно-исследовательскими и учебными организациями Кузбасса выполнен ряд теоретических и экспериментальных работ, доказывающих техническую осуществимость и экономическую эффективность предложенного способа, а также разработан действующий образец проходческого геохода. Идеология геовинчестерской технологии признана в нашей стране на высоком уровне лицами, принимающими ответственные решения и способствующими инвестированию средств в развитие этой техники и технологии проведения выработок.

Вместе с тем, опробование геохода произведено в условиях разрушения мягких горных пород с использованием ножевых исполнительных органов. Для расширения области применения геовинчестерской технологии требуется научное обоснование и создание методов выбора конструктивных схем и рациональных параметров разрушающих органов геохода для проведения выработок по породам средней крепости. Решению этой актуальной задачи и посвящена рецензируемая работа.

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

Научные положения, сформулированные в диссертации, сводятся к следующим утверждениям:

– во-первых, барабанные исполнительные органы для разрушения горных пород средней крепости геоходами диаметром 2,1...5,6 м предпочтительнее корончатых с фиксированными коронками и роторных;

– во-вторых, геометрические параметры барабанных исполнительных органов геоходов – длина и установочный угол оси барабана – должны определяться на основе требования минимизации перебора горной массы при разрушении забоя;

– в третьих, силовые параметры головной секции геохода зависят от направления фрезерования забоя - встречного или попутного, причем встречное фрезерование, совпадающее с направлением вращения головной секции, является предпочтительным.

Обоснованность *первого научного положения* доказана автором на основе сопоставления рабочих качеств отобранных к анализу вариантов исполнительных органов, в частности, роторных, корончатых и барабанных. Для каждого из вариантов исполнительных органов геохода разработаны схемные решения, удовлетворяющие предварительно обоснованной структуре требований, касающихся обеспечения перемещений геохода на забой, возможности маневрирования горнопроходческой машины по трассе, высокому уровню надежности, предотвращению вывалов породы, размещению и обслуживанию привода и смены инструмента в условиях ограниченного пространства и низкой энергоемкости разрушения породного массива. Каждое из перечисленных требований в дальнейшем рассматривается автором в качестве критериев оценки рабочих качеств альтернативного варианта.

Предложенные автором схемные решения увязаны с технологией работы исполнительного органа и геохода в целом, созданы компьютерные 3-D модели рабочих органов. Все предлагаемые конструктивные решения логически обоснованы, учитывают многолетний опыт создания и применения подобных исполнительных органов на проходческих комбайнах.

Для оценки соответствия исполнительных органов геохода требованиям и сравнения вариантов между собой применен один из современных методов многокритериального анализа, имеющий международное обозначение ELECTRE III. Используя принципы назначения экспертных оценок, каждому из критерию присвоен диапазон значений условной качественной шкалы. Затем, в соответствии с общепринятыми процедурами метода ELECTRE III произведено ранжирование вариантов и получена последовательность альтернатив от лучшей к худшей. Это дало возможность для дальнейшего анализа отобрать три качественно близких исполнительных органов геохода: барабанного с двумя барабанами, роторного (без собственного привода) и корончатого с зафиксированными коронками.

Далее автором произведена сравнительная оценка схемных решений отобранных исполнительных органов путем сопоставления их технического уровня. В качестве методической основы сравнения обоснованно принят ГОСТ 15476-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения», согласно которому обоснована номенклатура показателей, определены их значения и выполнено сопоставление с базовыми величинами.

Для оценки обоснованности *первого научного положения* существенное значение имеют все выше названные этапы сравнения исполнительных органов. Считаем, что в целом номенклатура показателей принята обоснованно, за исключением показателей ресурса, что требует дополнительной аргументации (см. замечания п.4). Для количественного определения выбранных параметров автором использована научно-техническая информация, приведенная во многих опубликованных отечественных и

зарубежных источниках. Взятые за основу проверенные теоретические и экспериментальные данные о закономерностях процесса разрушения горных пород резцовым инструментом, изложенные в работах Барона Л.И., Клорикьяна В.Х, Бреннера В.А., Гуляева В.Г., Солода В.И., Сафохина М.С., Горбунова В.Ф., Эллера А.Ф., Аксенова В.В., Пушкиной Н.Б. и других и руководящем документе по расчету эксплуатационной нагруженности трансмиссии проходческого комбайна. На основе этих данных для каждого из сравниваемых вариантов исполнительных органов определены удельная энергоемкость разрушения, удельный расход инструмента, усилия и шаг резания, толщина стружки, число резцов в линии резания. Корректно учитывалось влияние на процесс резания породы основных факторов – контактной прочности, абразивности, геометрических размеров рабочего органа. Масса исполнительных органов определена также корректно методом аналогии при сопоставлении с параметрами широко известных проходческих щитов, комбайнов и планетарных редукторов с гидроприводом исполнительного органа.

Следует отметить, что автором творчески развиваются математические модели, изложенные в базовых научных публикациях. Для каждого исполнительного органа приводятся необходимые доказательства приемлемости ранее полученных результатов, выполняются корректные преобразования известных формул для условий работы исполнительного органа в составе геодода.

В целом считаем, что первое научное положение обосновано. Доказано, что для геододов диаметром от 2,1 до 5,6 м при разрушении пород средней крепости из всех сравниваемых схемных решений наибольшее значение обобщенного показателя степени соответствия функциональному назначению имеет барабанный исполнительный орган геодода.

Второе научное положение обосновывает рациональные значения основных геометрических параметров барабанного исполнительного органа – длину и угол установки барабана по отношению к оси геодода. Для его обоснования выполнено компьютерное моделирование процесса работы исполнительного органа в среде SolidWorks, в качестве критерия при выборе эффективных геометрических параметров барабана и его установки относительно осей геодода выбрана величина перебора при выемке объема породы за проектным контуром выработки. Косвенным показателем перебора автором принят зазор между оболочкой геодода и проектным контуром выработки, измеренный по нормали к оси геодода. В диссертационной работе на основе моделирования доказано, что во-первых, смещение оси барабана относительно оси геодода является фиксированной величиной для машины данного типоразмера, который характеризуется диаметром внешней оболочки и шагом винтового движителя; во-вторых, угол наклона барабана влияет на его необходимую длину и величину условного перебора горной массы по сравнению с проектным сечением выработки. Установлены и аппроксимированы соответствующие зависимости, на основе которых получены оптимальные значения параметров, обеспечивающих минимальную величину перебора горной массы по площади сечения выработки.

На основе изложенного считаем, что второе научное положение обосновано.

Третье научное положение основано на исследовании неравномерности момента сил сопротивлений на исполнительном органе в пределах одного оборота, для оценки которого в работе используется коэффициент вариации. Для решения задачи формирования нагрузки в

функции угла поворота барабана предварительно производится аналитическое определение точки входа резцов в контакт с забоем.

Для нахождения суммарного момента, затрачиваемого на резание, использован ОСТ 12.44.258-84. Комбайны очистные. Выбор параметров и расчет сил резания и подачи на исполнительных органах. Методика. – М.: Минуглепром СССР, 1984. Построение функции формирования момента сопротивлений резанию потребовало обоснования рациональной расстановки резцов. Эта задача в диссертации решена с использованием имитационной модели, разработанной в среде MatLab/Simulink. В результате получены реализации случайных функций суммарного момента от времени для различных схем расстановки резцов. На основе анализа результатов имитационного моделирования исследованы значения осевого усилия и вращающего момента для различных направлений вращения барабана – встречного и попутного – по отношению к направлению головной секции геолода. Обосновано и доказано преимущество варианта исполнения рабочего органа с встречным фрезерованием.

Таким образом, *третье научное положение* диссертационной работы, полученное на основе комплексных аналитических исследований и имитационного моделирования процесса взаимодействия барабанного исполнительного органа с забоем, считаем обоснованным.

3. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Научные положения, выводы и рекомендации, полученные в диссертации, достоверны. Особенность рецензируемой диссертационной работы состоит в том, что она посвящена развитию теоретических положений и получению практических результатов, направленных на обоснование и разработку исполнительного органа принципиально новой горнопроходческой машины как части большого комплекса работ по созданию геолода. В связи с этим на данном этапе работы не было необходимости в проведении экспериментальных исследований. В работе представлено решение новых задач по выбору вида, определению основных параметров исполнительного органа геолода известными методами, базирующимися на фундаментальных исследованиях процессов разрушения горных пород, выполненных в известных научных школах СССР и РФ за последние пол века. Наряду с этим достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается обоснованностью принятых допущений, корректным использованием методов математики, классической механики, сопротивления материалов, теории разрушения горных пород, применением современных экспертных методов многокритериального анализа, компьютерного имитационного моделирования.

Для многих частных задач достоверность научных выводов и рекомендаций, наряду со строгим использованием аналитических методов, оценивается достаточной сходимостью с конкретными результатами экспериментальных исследований других авторов и соответствием параметров создаваемого исполнительного органа с параметрами аналогичных узлов существующих горнопроходческих машин. В частности, теоретически определенные значения суммарной мощности, затрачиваемой на разрушение забоя исполнительным органом геолода, в сравнении с мощностью приводов аналогичных исполнительных органов проходческих комбайнов, предназначенных для работы в сопоставимых условиях, имеют расхождение 3-18%, а удельная расчетная энергоёмкость разрушения забоя отличается от известных экспериментальных результатов на 1-8%.

4. Новизна научных положений, сформулированных в диссертационной работе

Новизна научных положений, сформулированных в диссертации, определяется прежде всего тем, что объектом научного исследования избран исполнительный орган впервые создаваемой горнопроходческой машины нового технического уровня, рабочий процесс которого рассмотрен во взаимосвязи с особенностями принципа действия, конструктивно-кинематической схемы и режимов работы геохода. По существу, все промежуточные и конечные результаты исследования представляют собой элементы создаваемых основ теории работы исполнительных органов, встраиваемых в головную секцию геоходов. При этом новые научные результаты получены, с одной стороны, путем обобщения научно-технической информации по теории разрушения горных пород исполнительными органами проходческих и добычных комбайнов и выбору их параметров, с другой – рассмотрением особенностей, присущих рабочему процессу и конструкции исполнительного органа геохода.

Научной новизной обладают следующие конкретные результаты исследований диссертационной работы:

1) постановка задачи и результаты сравнительной оценки массовых, силовых и энергетических характеристик исполнительных органов различного конструктивного исполнения – барабанных, роторных и корончатых с зафиксированными коронками; научно обоснована целесообразность применения барабанного исполнительного органа, встраиваемого в головную часть геохода, для разрушения пород средней крепости; для реализации процедуры сравнения рабочих качеств и получения конечного научного результата о преимуществах барабанных исполнительных органов впервые обоснованы и структурированы требования, предъявляемые к исполнительным органам геоходов;

2) для исполнительного органа геохода барабанного типа аналитически решена задача выбора оптимальных, с позиций минимизации перебора горной массы в границах проектного сечения выработки, геометрических и установочных параметров – длины, угла установки барабанов по отношению к оси машины; научной основой для определения рациональных значений геометрических и установочных параметров барабанного исполнительного органа являются полученные в диссертационной работе аналитические выражения, отражающие взаимосвязи основных параметров исполнительного органа;

3) разработан комплексный метод выбора силовых и энергетических параметров барабанного исполнительного органа геохода в составе головной секции машины; вывод аналитических соотношений потребовал решения ряда новых задач: рациональной схемы размещения резцов на барабане, формирование усилий подачи и крутящего момента при различных схемах размещения резцов; определение точки входа резцов в контакт с породой и величины углов охвата во взаимосвязи с установочными и конструктивными параметрами барабана;

4) впервые установлено, что при работе барабанных исполнительных органов в режиме встречного фрезерования, при котором направление вращения головной секции геохода и барабана противоположны, вращающий момент, воспринимаемый головной секцией при реализации процесса разрушения, совпадает по направлению с вращающим моментом внешнего винтового двигателя, что снижает нагруженность трансмиссии геохода.

5. Практическое значение диссертационной работы

Заключается в разработке для использования при создании новых образцов геоходов проектно-конструкторскими и научно-исследовательскими организациями практических методов и подходов при выборе альтернативных вариантов исполнительных органов для разрушения пород средней крепости, сравнению рабочих качеств на основе количественной оценки показателей их технического уровня, выбору геометрических, силовых и энергетических параметров.

Полученные результаты диссертационной работы уже используются при разработке и изготовлении барабанного исполнительного органа опытного образца геохода предприятием ООО «КОРМЗ».

Замечания по диссертационной работе

1. В нормативной части диссертационной работы, приведенной во введении, должна оцениваться автором новизна научных положений. Однако изложенные в рубрике "Научная новизна" положения в двух формулировках из четырех не связаны непосредственно с научными положениями, вынесенными на защиту. Это относится к структуре требований к исполнительным органам геоходов и аналитическим выражениям для определения точки входа резцов в контакт с породой и углов охвата. Таким образом, имеется определенное противоречие между содержанием научных положений и их научной новизной.

2. При формировании структуры требований к исполнительным органам геоходов (п.2.1 и таблица 2.1) в диссертации по-прежнему ставится и решается многофакторная задача. При решении такой задачи, в соответствии с требованиями системного подхода, либо должен быть выбран один главный критерий (суперкритерий), остальные должны быть переведены в разряд ограничений, либо сконструирован по определенным правилам комбинированный критерий. В таблице 2.1 требования экстремальности относятся сразу к нескольким показателям: надежности, динамичности работы, массово-габаритным характеристикам, числу приводов, пылеобразованию. Требования оптимальности одновременно по всем перечисленным критериям выполнить невозможно.

3. В диссертации не приводятся обоснования диапазона шкалы оценок обобщенных критериев (таблица 2.2), в частности, наиболее широкий диапазон приобрел критерий по энергоемкости разрушения (0-8 баллов), для критерия надежности дается бо-

лее узкий диапазон (0–4 бала). Для назначения диапазона шкалы оценок необходимо проводить исследования экспертным методом с соблюдением научно-обоснованной процедуры выбора и оценки компетентности экспертов.

4. На с.50 приведено утверждение: «Полный средний ресурс и гамма-процентный (80%) ресурс для ИО различного типа, но предназначенных для применения в одной машине, будут одинаковыми для всех типов ИО». Это положение необходимо обосновать.

5. При сравнении исполнительных органов автором принято условие, с. 55:

«Принимая во внимание тот факт, что на роторных ИО тангенциальные резцы не применяются, для корончатых и барабанных ИО в целях сравнения также будут рассмотрены радиальные резцы». Анализ выполнен применительно к резцам РПП-2. Далее автор отмечает: « При том, что данные резцы являются устаревшими, для сравнения типов ИО такое допущение оправдано». По-видимому, для каждого исполнительного органа следует применять современные резцы, которые обеспечат максимальную производительность резания.

6. На с.101 приводится общеизвестная из теории вероятностей формула для вычисления коэффициента вариации случайной величины нагрузки на валу барабанного исполнительного органа. При этом дается ссылка на учебник для вузов Сафохина М.С. Горные машины и оборудование. Непонятно, что имеет в виду автор диссертации.

Замечания по оформлению

1. На с.6 при формулировке третьего научного положения приводится фраза: «...с точки зрения трансмиссии геохода...», которая требует более тщательной редакции. Скорее всего речь идет о параметрах трансмиссии геохода.

2. На с. 49 ошибочно приведена ссылка на литературу [77-77].

6. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением порядке о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа Ананьева К.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно-технические решения в области выбора рационального варианта, разработки принципиальной компоновки, обоснования основных параметров исполнительного органа геохода для разрушения пород средней крепости, обеспечивающей повышение эффективности проведения горных выработок при строительстве шахт и подземных сооружений, что имеет существенное значение для развития горной промышленности и строительной отрасли страны.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты в области синтеза оригинальных конструкций рабочих органов, совершенствования методов расчета и проектирования горных машин.

Результаты, полученные в диссертационной работе, нашли непосредственное практическое применение при создании опытного образца горнопроходческой машины нового технического уровня.

Автореферат диссертации отражает ее основные научные положения, выводы и рекомендации, а также научную и практическую ценность работы.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.05.06 - Горные машины в части пунктов, отражающих области исследований 1, 3, 4 и 7.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 13 статьях, в том числе 6 статей опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Замечания по диссертационной работе не снижают ее научной и практической ценности, а свидетельствуют о необходимости дальнейших исследований и научно-технических разработок в этом актуальном направлении.

Диссертационная работа соответствует требованиям Положения Министерства образования и науки РФ по присуждению ученых степеней, а ее автор, Ананьев Кирилл Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.06 – Горные машины..

Официальный оппонент доктор технических наук,
профессор кафедры «Технология и комплексы горных, строительных
и металлургических производств» Шахтинского института (филиала)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего профессионального образования
«Южно-Российский государственный политехнический
университет (НПИ) имени М.И. Платова», профессор


Хазанович Григорий Шнеерович
«27» апреля 2016 г.

346500, Ростовская область
г. Шахты, пл. Ленина, д. 1
тел.: 8 (8636) 22 40 50, 8 (8636) 22 20 36, +7-989-725-93-83
e-mail: hazanovich@rambler.ru; tkgsmp@itsinpi.ru

Подпись Г.Ш. Хазановича заверяю:
Начальник отдела кадров и делопроизводства
Шахтинского института (филиала)
ФГБОУ ВПО ЮРГПУ(НПИ) им. М.И. Платова


Салюк М.А.