ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Довганя Александра Юрьевича на тему: «Повышение эффективности проходческого комбайна типа КСП-35 на основе обоснования структуры и параметров средств позиционирования», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8 Геотехнология, горные машины (технические науки)

Диссертационная работа Довганя Александра Юрьевича на тему «Повышение эффективности проходческого комбайна типа КСП-35 на основе обоснования структуры и параметров средств позиционирования», изложена на 153 страницах машинописного текста, является актуальной и раскрывает поставленную автором цель исследования.

Основные результаты научных исследований опубликованы в рецензируемых научных изданиях Российской Федерации, представлены в виде докладов на международных и всероссийских научно-технических конференциях.

Диссертационная работа хорошо структурирована, написана грамотным научным языком. Содержание автореферата отражает основные положения, идеи и выводы диссертационной работы.

Актуальность избранной темы

Горнодобывающая промышленность в России является традиционным драйвером роста экономики, а уголь остается актуальным энергетическим ресурсом и сырьем для многих отраслей промышленности и прежде всего – для металлургии. В ближайшие годы уголь продолжит входить в тройку лидеров среди мировых энергоресурсов, тем самым сохранится актуальность его добычи и возможность экспорта в страны Азии и Африки.

Проходческие комбайны со стреловидным исполнительным органом находят широкое распространение на шахтах Российской Федерации. Механизированный способ ведения проходческих работ позволяет добиться больших темпов проведения подготовительных выработок по сравнению с БВР.

Основным показателем эффективности работы проходческого комбайна является среднемесячное подвигание проходческого забоя. Эффективность работы машины напрямую связано с его производительностью, а энергоэффективность может быть оценена по удельным энергозатратам. При этом необходимо обеспечить сохранение ресурса комбайна для минимизации простоев. Наибольшее внимание в настоящее время уделяется позиционированию проходческого комбайна в выработке для сохранения угла

ФГБОУ ВО "ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"
Вх. № 16/80
«31» 10 2024

наклона и ее прямолинейности. В то же время, отклонение проходческого комбайна от продольной оси выработки во время разрушения забоя и после передвижки, вызванное ошибкой оператора, существенно влияет на снижение всех вышеуказанных показателей. Уменьшение влияния «человеческого фактора» за счет применения средств автоматизации позволяет повысить эффективность работы проходческого комбайна путем повышения его производительности, снижения удельных энергозатрат и повышения ресурса элементов трансмиссии.

Таким образом, актуальность темы диссертационной работы Довганя А.Ю. не вызывает сомнения.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выносимые на защиту, заключаются в следующем:

1. Впервые в представительных условиях эксплуатации проходческого комбайна КСП-35 установлена значительная неравномерность характеристик рабочего процесса разрушения проходческого забоя ($Q_ц$ = 0,23±0,10 м^3/мин, $W_ц$ = 4,33±2,28 кВт·ч/м^3, $P_ц$ = 56,45±18,90 кВт), обусловленная смещением машины относительно продольной оси выработки вследствие погрешности ее «ручного» управления.

2. Теоретически установлено, что смещение комбайна относительно продольной оси выработки на величину более 0,05 м приводит к существенному снижению теоретической производительности до 43,7%, повышению удельных энергозатрат на разрушение до 64,1 %, а также снижение ресурса элементов трансмиссии исполнительного органа до 64 %.

3. Предложен метод определения местоположения проходческого комбайна в системе координат выработки с использованием дальномера с изменяемым углом поворота чувствительного элемента и с коррекцией по трем осям наклона корпуса комбайна. Установлено, что необходимым и достаточным условием реализации точности позиционирования проходческого комбайна относительно продольной оси выработки в пределах коридора ±0,05 м является обеспечение точности определения расстояния до арок крепи не хуже 0,5 % при количестве измерений равном 6.

<u>В первом разделе диссертации</u> рассмотрено состояние вопроса, относящегося к диссертационному исследованию. На основе анализа статистических данных института ДонУГИ по шахтам Донецкой Народной Республики установлено, что среднемесячное подвигание проходческих забоев на большинстве шахт не достаточное для своевременного прохождения магистральных и подготовительных выработок, что обусловлено применением

технологии БВР и отбойных молотков. При проведении выработок проходческими комбайнами в большинстве случаев (86,7%) применяются комбайны с осевой коронкой. При этом наибольшее распространение получили проходческие комбайны типа КСП Ясиноватского машзавода.

На сегодняшний день вопросам теории резания, эффективности разрушения забоя, повышения производительности горных машин, повышения ресурса, оптимизации рабочих параметров горной машины уделено большое внимание и их актуальность сохраняется. Предлагаются устройства и системы позиционирования, основанные на различных физических принципах измерения. При этом позиционирование проходческого комбайна в выработке не связывается с показателями эффективности его работы, не обоснованы границы допустимого смещения машины относительно продольной оси выработки без потери производительности.

На основе выполненного анализа результатов ранее проведенных исследований, нацеленных на повышение эффективности работы проходческих комбайнов и средств позиционирования, корректно сформулирована цель и задачи диссертационного исследования.

Во втором разделе приведены планирование, результаты и методика обработки шахтных исследований, закономерности влияния смещения проходческого комбайна на показатели эффективности его функционирования. Экспериментальные исследования проводились в представительных условиях шахты им. А.Ф. Засядько с использованием современного проходческого комбайна среднего типа современного технического уровня. В качестве основного параметра, дающего информацию об эффективности процесса разрушения, принят ток двигателя резания исполнительного органа. Приведена оригинальная методика обработки экспериментальных данных, которая может быть использована при обработке длительных записей нагрузочных характеристик электродвигателя.

Автором выявлена значительная неравномерность значений теоретической производительности, удельных энергозатрат и времени цикла обработки забоя вследствие погрешностей ручного управления и смещения проходческого комбайна относительно продольной оси выработки. В результате имеют место отклонения от рациональных режимов обработки забоя, недостаточное использование мощности привода, повышение энергозатарт, что приводит к существенному снижению производительности и ресурса комбайна.

Решение обозначенной проблемы соискатель видит в применении мехатронного подхода при проектировании проходческого комбайна, позволяющего обеспечить максимальное использование мощности

электродвигателя при максимальной производительности и минимальных энергозатратах.

Третий раздел диссертации посвящен формализации рабочих процессов разрушения проходческого забоя исполнительным органом с осевой коронкой и с учетом положения комбайна в выработке.

На основе анализа особенностей процесса разрушения забоя исполнительным органом проходческого комбайна с осевой коронкой разработана комплексная математическая модель формирования вектора внешнего возмущения на осевой коронке, которая состоит из математических моделей разрушаемого массива и поверхности забоя, определения координат резца в системе координат выработки, определения параметров процесса разрушения массива резцами коронки, учитывающая условие наличия контакта резца с забоем для определения усилий резания и подачи на резце.

Адекватность комплексной математической модели оценивалась путем сравнения интегральных показателей, отражающих эффективность рабочего процесса разрушения проходческого забоя: средней мощности на разрушение за цикл, теоретической производительности, удельных энергозатрат за цикл, длительности обработки забоя. Расхождение результатов не превысило ±15 %.

В четвертом разделе диссертации приведены результаты теоретических исследований влияния смещения проходческого комбайна на показатели эффективности его работы, разработка метода определения положения проходческого комбайна в выработке и обоснование параметров средств позиционирования.

Согласно поставленным в работе задачам было проведено имитационное моделирование процесса послойного разрушения забоя, в ходе реализации которого получены закономерности влияния смещения проходческого комбайна относительно продольной оси выработки на теоретическую производительность, техническую производительность, удельные энергозатраты и ресурс трансмиссии исполнительного органа. Математическое моделирование реализовывалось с перебором всех возможных сочетаний параметров.

Разработан метод определения положения проходческого комбайна в выработке путем поочередного измерения расстояний до стоек постоянной крепи. Приведено его математическое описание, алгоритм обработки данных и формирования корректирующего воздействия. Проведено математическое моделирование для установления требований к точности и количеству измерений.

Установлено, что смещение проходческого комбайна относительно продольной оси выработки на величину более 0,05 м приводит к существенному снижению эффективности функционирования комбайна при любом сочетании

сечения выработки и шага фрезерования. Необходимым и достаточным условием реализации метода является обеспечение точности измерения расстояния не хуже 0,5 % при количестве измерений равном 6.

В пятом разделе диссертации представлена разработка структуры и алгоритма системы позиционирования проходческого комбайна и коронки его исполнительного органа в выработке и дальномера с изменяемым углом наклона луча.

Алгоритм дальномера предполагает предварительную компенсацию углов наклона корпуса проходческого комбайна по трем осям и установление параллельности плоскости измерения и почвы, после чего производится последовательное измерение расстояния до стоек крепи и передача данных в систему позиционирования. Система позиционирования проходческого комбайна и коронки его исполнительного органа позволяет: определять координаты центра тяжести машины в неподвижной системе координат и углы поворота корпуса и стрелы; вычислять координаты необходимого контура выработки и ограничительные углы подъема и поворота стрелы; формировать корректирующие воздействия в систему управления для устранения смещения относительно продольной оси выработки; отключать подачу исполнительного органа при выходе коронки за пределы установленного контура выработки; хранить данные о координатах всех стоек крепи, местоположении и углах наклона комбайна и формировании средней линии выработки.

Для демонстрации работы системы по определению координат коронки исполнительного органа проходческого комбайна в системе координат выработки проведен расчет согласно разработанной математической модели. По результатам вычисления получен допустимый массив значений углов подъема и поворота стрелы с учетом смещения и поворота комбайна в горизонтальной плоскости. Полученные данные позволяют сформировать контур выработки необходимой формы и сечения, что позволит снизить переборы при разрушении забоя.

Таким образом, необходимо отметить, что научные положения, выносимые на защиту, выводы и рекомендации диссертационной работы являются обоснованными.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Научная новизна полученных в диссертационной работе результатов заключается в следующем:

1. Впервые теоретически установлены и экспериментально подтверждены зависимости производительности, удельных энергозатрат и ресурса элементов

трансмиссии исполнительного органа от величины смещения проходческого комбайна относительно продольной оси выработки.

2. Разработана математическая модель процесса разрушения горного массива проходческим комбайном избирательного действия с осевой коронкой, отличающаяся формированием стружки с учетом предыдущего реза в текущем цикле разрушения и соответствующих проходов исполнительного органа в предыдущих циклах, а также с учетом смещения комбайна относительно продольной оси выработки при его передвижке между циклами обработки забоя.

3. Впервые предложен метод определения положения проходческого комбайна в системе координат выработки с использованием дальномера с изменяемым углом поворота чувствительного элемента и с коррекцией по трем осям наклона корпуса комбайна.

4. Впервые разработаны алгоритм и математическая модель определения местоположения проходческого комбайна в системе координат выработки, учитывающие его смещение в процессе работы и после передвижки с учетом изменения углов наклона корпуса комбайна по трем осям.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается методологической базой исследований, основанной на системном подходе, рациональном сочетании теоретических и экспериментальных методов исследования, корректностью поставленных задач и принятых допущений. Теоретические исследования базируются на фундаментальных положениях теоретической механики, аналитической геометрии и теории резания горных пород. Экспериментальные исследования реализованы на основе методов планирования эксперимента в представительных условиях эксплуатации с использованием современных средств и методов электрических измерений. Максимальное расхождение результатов сравнения интегральных показателей эффективности разрушения забоя проходческим комбайном при модельном и шахтном эксперименте не превысило ±15%.

Практическая значимость работы заключается в:

– разработке методики обработки экспериментальных данных длительной записи нагрузочных характеристик электродвигателя исполнительного органа проходческого комбайна избирательного действия для оценки энергоемкости и производительности процесса разрушения;

– установлении показателей параметров рабочего процесса разрушения забоя исполнительным органом проходческого комбайна избирательного действия с осевой коронкой в представительных условиях его эксплуатации;

– разработке алгоритма, математической модели и программной реализации метода определения положения проходческого комбайна в системе координат выработки;

– разработке методики обработки массивов данных расстояния до стоек крепи при обосновании требований к точности и количеству измерений для удержания машины в пределах заданного диапазона смещения относительно продольной оси выработки;

– установлении требований к точности позиционирования проходческого комбайна, обеспечивающих повышение его эффективности работы и надежности;

– разработке структуры и алгоритма функционирования дальномера с изменяемым углом наклона чувствительного элемента с компенсацией углов поворота по осям корпуса проходческого комбайна;

– разработке структуры и алгоритма функционирования системы позиционирования проходческого комбайна в выработке и формирования ограничительного контура выработки с учетом позиционирования машины в системе координат выработки и изменения углов наклона по осям;

– разработке методики определения ограничивающих углов подъема и поворота исполнительного органа, допустимого поля координат коронки и в формировании требуемого контура выработки любой формы.

Результаты диссертационной работы: приняты ООО «НПО «ЯМЗ» в качестве научно-методической основы для совершенствования и создания проходческих комбайнов нового поколения; внедрены в учебный процесс кафедры «Горные машины» ФГБОУ ВО «ДонНТУ» при подготовке специалистов, обучающихся по специальности 2.8.8 Геотехнология, горные машины (технические науки).

Результаты и выводы диссертационной работы являются обоснованными с точки зрения поставленных задач. Выводы диссертации научно обоснованы и подтверждены результатами экспериментальных исследований. Применяемые в работе методы не вызывают возражений. Достоверность разработанной математической модели подтверждается экспериментально.

Замечания.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. В диссертационная работе автор ограничивается рассмотрением проходческого комбайна КСП-35, оставляя без внимания другие типы проходческих комбайнов со стреловидным исполнительным органом и радиальными коронками.

2. В работе не приведены результаты исследований устойчивости проходческого комбайна. Вместе с тем, нарушение устойчивости может

привести к необходимости корректировки алгоритма работы средств позиционирования.

3. При проведении исследования (пункт 4.1) производится расчет по горизонтальным резам с попутным вращением коронки и без учета фронтальной и вертикальной зарубки, что значительно упрощает расчет, однако вносит погрешность при определении показателей эффективности за цикл обработки забоя.

4. При разработке модели формирования вектора внешнего возмущения не учитываются колебательные процессы в силовой системе исполнительного органа, что может внести некоторую погрешность при определении крутящего момента на коронке проходческого комбайна.

5. В работе при оценке показателей эффективности не учитывается фактор затупления резцов, приводящего к повышению удельных энергозатрат на разрушение забоя.

6. Не совсем понятно, как компенсируются возможные систематические погрешности позиционирования комбайна в выработке.

7. В работе предложен алгоритм обеспечения контура выработки заданной формы, реализация которого затруднительна при современном уровне техники без модернизации конструкции комбайна.

Вместе с тем, приведенные замечания касаются частных вопросов диссертационной работы и не ставят под сомнение ее значимость и достаточно высокий научный уровень.

Основные положения диссертации опубликованы в 10 научных работах, в том числе: 5 статей в рецензируемых научных журналах и изданиях, а также 5 публикаций материалов и тезисов на международных и всероссийских форумах и конференциях.

Заключение

Диссертация является законченной научной работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача, имеющая важное народнохозяйственное значение, заключающееся в повышении технической производительности и ресурса элементов трансмиссии и снижении энергоемкости работы проходческих комбайнов нового технического уровня, путем повышения точности позиционирования проходческого комбайна в выработке на основе установленных закономерностей комплексного влияния смещения комбайна относительно продольной оси выработки на процесс разрушения забоя.

По формуле специальности и области исследований, содержанию научных положений и выводов, существу полученных результатов диссертационная

работа соответствует паспорту специальности 2.8.8 Геотехнология, горные машины (технические науки) в части п. 15 «Методы и средства повышения эксплуатационных характеристик и надежности горных машин и оборудования, в том числе за счет обоснования рациональных режимов их функционирования на открытых и подземных горных работах»

Диссертация отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а именно, пунктам 9, 10, 11, 13, 14, а ее автор, Довгань Александр Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8 Геотехнология, горные машины (технические науки).

Официальный оппонент:
Доктор технических наук
по специальности 05.05.06 – Горные машины, профессор,
профессор кафедры «Горные энергомеханические системы»
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» _____ **С.В. Корнеев**

Я, Корнеев Сергей Васильевич, даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных, приведенных в отзыве.

_____ **С.В. Корнеев**

Подпись Корнеева С.В. подтверждаю.
Начальник отдела кадров
и делопроизводства М.С. Бутковская

Проректор по
научной работе В.Н. Сиидов

Адрес: 294204, ЛНР, г. Алчевск, пр. Ленина, 16, ФГБОУ ВО «ДонГТУ»,
тел.: +7 (85742) 2-60-43, e-mail: kafedra.gemio@dstu.education