

## О Т З Ы В

официального оппонента **Жабина Александра Борисовича**  
о диссертационной работе **Шишлянникова Дмитрия Игоревича**  
«Совершенствование оборудования и режимов работы проходческо-очистных комбайнов калийных рудников как энергоэффективных объектов функционирования», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.05.06 – Горные машины

### 1. Актуальность работы

Развитие калийной промышленности России неразрывно связано с созданием и внедрением высокопроизводительной горной техники, способной вести эффективную добычу калийной руды. Сегодня отработка рудных пластов с высокой сопротивляемостью резанию (до 450 кН/м) и большой вязкостью осуществляется, как правило, с помощью проходческо-очистных комбайнов типа «Урал» производства АО «Копейский машзавод».

В настоящее время создаются новые машины «Урал-310» и «Урал-360», серийно выпускаются комбайны «Урал-10А», «Урал-61», «Урал-20Р». В то же время не прекращаются научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по модернизации и совершенствованию такой техники для добычи калийных руд.

Однако повышение в целом эффективности их добычи невозможно без совершенствования уже известных и изыскания новых более прогрессивных способов отделения руды от массива при рациональных режимах работы и создания на этой основе эффективных исполнительных органов проходческо-очистных комбайнов, обеспечивающих увеличение производительности, снижение удельного расхода энергии и уменьшение выхода мелких классов руды.

Изложенное позволяет мне считать, что тема диссертационной работы Шишлянникова Д. И., направленная на совершенствование оборудования и режимов работы проходческо-очистных комбайнов калийных рудников как

энергоэффективных объектов функционирования, является актуальной и имеет важное хозяйственное значение.

По своей направленности диссертационная работа соответствует специальности 05.05.06 – Горные машины.

## **2. Структура и объем диссертационной работы**

Рецензируемая работа состоит из введения, пяти глав и заключения, изложенных на 273 страницах печатного текста, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 215 наименований и содержит 16 таблиц, 112 рисунков и 8 приложений.

## **3. Степень обоснованности и новизна научных положений**

**Первое научное положение.** Оно базируется на проведении теоретических исследований, компьютерного моделирования и экспериментальных исследований взаимодействия одиночного реза с блоками калийной руды при перекрестной схеме резания. Анализ положения изолиний напряжений в массиве при компьютерном моделировании позволил качественно оценить характер формирования последовательных крупных сколов. Экспериментальные исследования проводились на лабораторном стенде по разработанной автором методике при резании блоков калийной руды, что совершенно справедливо. При этом предварительно была определена их сопротивляемость. Методикой исследований предусматривалось определение гранулометрического состава продуктов разрушения и расчет удельных энергозатрат этого процесса.

Анализ силовых показателей процесса разрушения калийной руды перекрестными резами выполнялся в сравнении с разрушением ее при шахматной схеме в одинаковых условиях. Установлено, что удельные затраты энергии при перекрестной схеме резания на 15 % ниже, чем при

шахматной схеме. Расшифровка соответствующих осциллограмм позволила автору определить частоту образования крупных сколов устойчивой формы и частоту образования мелких промежуточных сколов, а уменьшение массовой доли труднообогатимых фракций по сравнению с шахматной схемой составило 42 %. Рациональное отношение шага резания к глубине заглабления резца в массив, как ранее установил автор, составляет  $t/h_3 = 5 - 7$ . Исследования проводились при шаге резания  $t = 35$  мм и величине заглабления резца в массив  $h_3 = 5$  мм, то есть полная толщина стружки составляла  $h = 10$  мм. Данные параметры резания выбраны как раз из условия нахождения в рациональном диапазоне значений отношения  $t/h$ .

**Второе научное положение** вытекает из первого и также основано на результатах экспериментальных исследований перекрестной схемы резания по сравнению с шахматной схемой при анализе соответствующих осциллограмм, характеризующих изменение силы резания во времени. На этой базе автором подтверждено, что при разрушении калийного массива перекрестными резами реализуется устойчивая чередующаяся регулярность образования крупных сколов заданной формы и промежуточных сколов со случайными значениями геометрических параметров. Показано, что частота крупных сколов прямо пропорциональна скорости резания и обратно пропорциональна шагу резания, а частота мелких сколов прямо пропорциональна скорости резания и обратно пропорциональна заглаблению резца в массив. При этом установлено, что применение перекрестной схемы резания калийного массива обеспечивает снижение средних значений и средних квадратичных отклонений нагрузок на резцы на 34 и 16 % соответственно по сравнению с шахматной схемой резания.

**Третье научное положение.** Автор правильно утверждает, что эффективность использования выемочной машины в конкретных условиях эксплуатации определяется обоснованным выбором рациональных режимов ее работы, которые в свою очередь определяются путем анализа нагруженности приводов комбайна в реальных условиях эксплуатации. При

этом оценку нагруженности приводов комбайна автор совершенно обосновано предложил осуществлять с использованием экспериментально-статистического метода исследований, который широко апробирован, проверен и является наиболее эффективным при разработке инженерных методик расчёта конструктивных и режимных параметров работы добычных машин. Он разработал методику проведения экспериментальных исследований в условиях одного из рудников Верхнекамского месторождения для определения основных закономерностей процесса формирования нагрузок на приводах исполнительных органов проходческо-очистного комбайна «Урал-20Р-11». Считаю, что в современных условиях это является достижением автора. Для регистрации необходимых параметров он предложил использовать специализированный комплекс «Ватур», разработанный в ПНИПУ. При экспериментах комбайн обрабатывал продуктивный пласт сплошным забоем и его подрубку. По результатам измерений рассчитаны средние значения и коэффициенты вариации активных мощностей двигателей резцовых дисков (относительное и переносное движения), а также двигателей бермового органа и отбойного устройства при установившемся режиме работы, позволяющие количественно оценить действующие нагрузки и их динамику для различных скоростей подачи.

Уровень организации выемочных работ с учетом времени технологических операций, плановых перерывов и аварийных отказов автор предложил оценивать показателем сохранения эффективности – коэффициентом производительной работы, который рассчитывается отношением времени производительной работы комбайна и времени пребывания его в работоспособном состоянии. А оценку эффективности функционирования комбайна – как отношение номинальных и фактических удельных энергозатрат при добыче калийной руды. Эти показатели оценки являются новыми. Традиционно эффективность машин оценивается по удельным энергозатратам. Однако такой подход, предложенный автором, у

меня не вызывает возражений. На основании анализа этих показателей он определил области возможных их значений и области эффективной работы комбайна в целом.

**Четвертое научное положение.** Автор правильно формулирует исходное положение о том, что резы планетарно-дисковых исполнительных органов характеризуются переменным шагом резания и толщиной стружки. Опираясь на результаты собственных экспериментальных исследований, он установил новые закономерности по изменению удельных энергозатрат процесса разрушения калийной руды и количества необогатимых ее классов от производительности комбайнов «Урал-20Р» различных модификаций при изменяющемся отношении шага резания к толщине стружки. Такой подход в исследованиях допустим. Анализ полученных зависимостей показывает, что минимальные удельные энергозатраты и количество необогатимых классов в отбитой руде обеспечиваются при отношении шага к глубине резания 2 – 4. Исходя из зависимостей для их определения, автор обосновано установил, что изменение шага и глубины резания возможно за счет изменения частоты переносного вращения режущих дисков. А это в свою очередь позволит при заданной скорости подачи комбайна обеспечить минимальные удельные энергозатраты и улучшить гранулометрический состав отделяемой от массива руды.

Поскольку существующая система управления комбайном «Урал-20Р» не предусматривает возможности изменения частот вращения электроприводов, автор обосновано предложил способ управления приводами комбайна, защищенный патентом, реализация которого потребует внедрения регулируемого электропривода переносного вращения, и разработал алгоритм управления и изложил принцип его работы. Оценка и регулирование параметров резания будет осуществляться при постоянной скорости подачи и установившемся режиме работы комбайна.

Таким образом, изложенное позволяет мне считать, что сформулированные автором научные положения соответствуют названию

диссертации и цели исследований, отражены в печатных работах, являются новыми и достоверными и в целом заключают в себе развитие научной методологии формирования и эксплуатации проходческо-очистных комбайнов для добычи калийных руд и имеют достаточную степень обоснования.

#### **4. Достоверность и новизна выводов и рекомендаций**

Научные выводы и рекомендации, полученные в диссертации, наряду с научными положениями обоснованны и достоверны, так как они базируются:

- во-первых, на результатах исследований, выполненных в ведущих научных школах России;

- во-вторых, на результатах исследований, выполненных на лабораторном оборудовании;

- в-третьих, на апробированном экспериментально-статистическом методе исследования, который предусматривает проведение экспериментальных исследований в конкретных условиях эксплуатации, что обуславливает возможность воспроизведения основных режимов работы добычных машин, при этом результаты исследований являются достоверными, так как исключены влияние масштабного фактора и искажения физической природы изучаемых процессов;

- в-четвертых, достоверность результатов также подтверждается достаточным объемом экспериментальных исследований в реальных условиях эксплуатации, длительность которых составляет 26 суток.

Отклонение экспериментальных данных относительно расчетных не превышает 10%.

Основные выводы (результаты) по работе являются новыми и, судя по результатам экспериментальных исследований, достаточно обоснованными. Однако первый вывод не является не только новым, но и вообще выводом не является. Основные выводы теоретических исследований согласуются с

общепризнанными представлениями о закономерностях работы приводов выемочных машин.

Остальные выводы автора вытекают из результатов выполненных исследований.

Второй пункт научной новизны исследований в такой редакции не является новым.

## **5. Замечания по диссертационной работе**

1. Замечание методического характера. Автор констатирует (с. 9), что поставленная в диссертационной работе цель исследования достигается посредством решения следующих задач... Далее идет их перечисление и первая задача, поставленная им, заключается в анализе и обобщении результатов теоретических и экспериментальных исследований и опыта эксплуатации комбайнов при добыче калийных руд. Что же получается? Цель уже поставлена, а анализ и обобщение известных результатов и опыта эксплуатации комбайнов еще не проведены. Должно быть наоборот. Цель и задачи исследований ставятся на основе этого анализа, который не может являться задачей, а является необходимым условием и основанием для постановки собственных задач исследований.

2. По мере изложения материала диссертации неоднократно подчеркивается актуальность диссертационной работы, несмотря на то, что во введении для этого имеется соответствующий раздел. Это также методическая ошибка.

3. В технической литературе, по утверждению автора, анализ особенностей процесса разрушения калийных руд резцами горных комбайнов осуществляется, как правило, по опосредованным характеристикам и обобщенным показателями и при этом не учитывается физическая сущность процесса резания. Что понимается под словом «не учитывается» не сообщается. Однако далее, когда автор отметил и описал установленные им закономерности

формирования последовательных элементарных сколов, то оказалось, что они соответствуют основным представлениям о процессе разрушения калийных руд резанием, полученных как экспериментальным, так и теоретическим путем и изложенных в технической литературе. При этом он ссылается на 13 литературных источников.

4. Автор утверждает, что изменение шага резания и толщины стружки в процессе движения резца не позволяет оптимизировать разрушение калийного массива по удельной энергоемкости (см. с. 41). Однако это не совсем так. В работе С. К. Кабиева, П. П. Палева, В. А. Бреннера и др. «Комбайны для добычи калийных руд» (М.: Недра, 1990 г.), которую автор, почему то, не проанализировал и не включил в список литературы, приводятся методика определения оптимальных значений конструктивных и режимных параметров дисково-планетарных исполнительных органов и пример расчета. Методика основана на обеспечении наиболее высокой производительности и минимальных удельных энергозатрат на разрушение. Кроме того, в списке литературы имеется еще работа одного из перечисленных выше авторов Кабиева с красноречивым названием «Оптимизация параметров комбайнов для добычи калийных руд» (М.: Недра, 1992 г.), которую автор с этой точки зрения также не подверг анализу.

5. В конце первой главы автор формулирует задачи исследований. Однако вторая глава снова начинается с рассмотрения и анализа уже известных сведений, касающихся теорий прочности твердых материалов и резания горных пород. Поэтому разделы второй главы 2.1, 2.2, 2.2.1, 2.2.2., 2.3 и 2.3.1, 2.3.1, посвященные этим вопросам, должны были находиться в первой главе, тем более что материал, содержащейся в них, не имеет отношения ни к научным положениям, ни к новизне работы.

6. Одно из положений, сформулированным автором, которое легло в основу собственных исследований, заключается в том, что разрушение твердых пород осуществляется последовательными элементарными сколами, что в типовых методиках расчета силовых показателей процесса резания



данное явление никак не учитывается. Это не совсем так. Это учитывается, например, в работах В. В. Савицкого. Однако автор типовую методику в рассматриваемой диссертации так и не разработал. Если такая задача автором не ставилась, то и упоминать о ней не следовало бы.

7. Наблюдается путаница в терминологии. Нагрузки, действующие на резцы, являются не силовыми параметрами, а силовыми показателями процесса резания наряду с затратами энергии на разрушение.

8. Несмотря на то, что перекрестная схема обеспечивает наилучшие показатели процесса резания по сравнению с шахматной схемой, на мой взгляд, следовало бы проверить ее на динамичность процесса, хотя бы как отношения максимальных усилий резания к минимальным усилиям. При данной схеме по мере продвижения резца происходит изменение глубины резания. Поэтому необходимо было установить соотношение максимальной глубины резания к глубине заглубления резца относительно дна резов отработанного слоя.

9. В списке литературы практически отсутствуют зарубежные источники, касающиеся темы и цели работы, а те несколько наименований, которые присутствуют, посвящены в основном перфораторам. Это особенно важно применительно к анализу трещинообразования, о котором автор рассуждает применительно к физике процесса.

10. Это скорее не замечание, а достоинство работы, где в пятой главе приведены, разработанные автором и в соавторстве, варианты конструкций планетарно-дисковых исполнительных органов комбайнов, реализующих перекрёстную схему разрушения калийного массива, а также предложены технические решения по совершенствованию разрушающего инструмента этих маши для калийных рудников, направленные на повышение энергоэффективности процесса добычи руды.

Отмеченные замечания не снижают важности полученных результатов диссертации и не влияют на положительную оценку всей диссертационной работы.

## **6. Публикации автора, апробация и внедрение результатов работы**

Основные научные результаты опубликованы в 32 печатных работах, в том числе в 20 статьях четырех рецензируемых научных изданиях (по специальности 05.05.06 – Горныемашины) из перечня ВАК Министерства науки и высшего образования РФ на соискание ученой степени доктора наук, 12 статьях в семи рецензируемых изданиях, индексируемых в международных наукометрических базах данных Scopus и Web of Science; получено 9 патентов.

Основные положения работы, результаты теоретических и экспериментальных исследований прошли широкую апробацию и получили положительную оценку на многочисленных международных и всероссийских конференциях и семинарах.

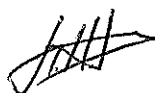
Результаты диссертационной работы приняты к использованию в компании T-Machinery a.s. (Чешская Республика) при проектировании исполнительных органов и погрузочного оборудования проходческо-очистного комбайна MB 900 CM; использованы в ООО «ЕвроХим-Проект» (г. Пермь) при разработке технологических решений, направленных на улучшение качества и снижение затрат на обогащение калийной руды, добываемой механизированным способом; эффективность предложенных технических решений подтверждена актами внедрения результатов в ООО «НПП «РОС» (г. Пермь) и ФГБУН «Пермский федеральный исследовательский центр «Горный институт УрО РАН» (г. Пермь).

## **7. Заключение**

Диссертационная работа «Совершенствование оборудования и режимов работы проходческо-очистных комбайнов калийных рудников как энергоэффективных объектов функционирования», несмотря на высказанные замечания, является завершенной научно-квалифицированной работой,

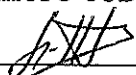
соответствующей требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953адм, а ее автор – Шишлянников Дмитрий Игоревич – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.05.06 – Горные машины.

Официальный оппонент:  
профессор кафедры геотехнологий  
и строительства подземных сооружений  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Тульский государственный  
университет», д.т.н., профессор



Жабин  
Александр Борисович

Даю согласие на внесение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

 / Жабин Александр Борисович

300012, г. Тула, пр. Ленина, д. 92,  
тел.: (4872) 25-71-06; e-mail: [zhabin.tula@mail.ru](mailto:zhabin.tula@mail.ru)

Подпись официального оппонента, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры геотехнологий и строительства подземных сооружений Жабина Александра Борисовича заверяю

