

## ПОРТАТИВНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД

*Разработано портативное устройство для определения прочностных свойств горных пород (преимущественно калийных солей) методом резания. Основными особенностями устройства являются: уменьшенные размеры измерительных резцов в сравнении с резцами ДКС, регистрация замеряемых параметров на электронном устройстве с дисплеем, малые габариты и вес, быстрые и эффективные замеры, низкая трудоемкость выполняемых работ по определению сопротивляемости резанию.*

**Ключевые слова:** прочностные свойства, горные породы, измерительные резцы, регистрация, низкая трудоемкость.

### Постановка проблемы

В настоящее время на горных предприятиях стран СНГ для разрушения горных пород при разработке пластовых месторождений полезных ископаемых подземным способом, как известно, широко применяются очистные и проходческие комбайны. Очистные комбайны распространены почти во всех очистных забоях (примерно 100 %), а проходческие комбайны также широко применяются в забоях подготовительных выработок (примерно в 50...60 % всех подготовительных забоев). Кроме этого, на шахтах применяются струги, скреперо-струги, шнекобуровые установки, буровые станки для бурения скважин, бурильные установки для бурения шпуров и другие машины, разрушающие горные породы.

Для обоснованного выбора из перечня выпускаемых в настоящее время горных машин применительно к конкретным горно-геологическим условиям, а также для обоснованного выбора рациональных параметров режимов работы исполнительных органов и их приводов, как при проектировании, так и при совершенствовании существующих машин, необходимо знание прочностных характеристик разрушаемых массивов пластов. Прочностные характеристики горных пород необходимы также для планирования расхода рабочего инструмента очистных и проходческих комбайнов, нормирования труда рабочих выемочных и подготовительных забоев, а также для рационального выбора мощности приводов и энергоснабжения горных участков. Прочностные свойства горных пород замеряются устройствами и приборами для определения крепости, прочности и сопротивляемости резанию.

Поэтому сегодня существует проблема проведения исследований, направленных на разра-

ботку устройств, необходимых для получения достоверных значений сопротивляемости горных пород резанию в реальных шахтных условиях быстро, эффективно, с большой точностью и при небольших затратах труда.

### Анализ последних исследований и публикаций

Анализ литературных источников, содержащих результаты научных исследований, а также анализ авторских свидетельств и патентов на изобретения показал, что проблемой разработки способов и устройств для определения прочностных свойств горных пород занимались во многих странах мира: в Советском Союзе и странах СНГ [1...17], Германии [18,19], Великобритании [20], США [21], Японии [22,23] и других странах. В настоящей работе выполнен анализ значительного числа (более 100) опубликованных результатов исследовательских работ и выданных охранных документов на изобретения, но из-за ограниченного объема статьи в списке литературы эти работы приводятся частично.

На основе анализа патентных материалов и источников научно-технической литературы все существующие способы определения прочностных свойств горных пород можно условно разделить на две большие группы:

- лабораторные способы определения прочности, крепости или твердости горных пород;
- способы, позволяющие определять прочностные свойства пород непосредственно в подземных условиях в породном массиве.

Обе группы имеют ряд преимуществ и недостатков.

Лабораторные способы позволяют использовать высокоточные приборы и установки, дающие возможность устанавливать во взаимосвязи

между собой сразу несколько показателей, характеризующих прочностные свойства образцов горных пород. Однако, определенные такими методами прочностные свойства образцов горных пород, зачастую не отражают состояние массива в целом из-за ряда факторов. Основными такими факторами являются масштабный фактор; напряженное состояние массива, обусловленное горным давлением; влажность, газоносность пласта и др. Кроме этого, отбор проб из массива и доводка их до размеров, необходимых для лабораторных испытаний, затрудняет применение данных способов при быстром во времени и точном измерении прочностных свойств горных пород в подземных условиях.

Классический общепризнанный способ измерения прочностных свойств горных пород резанием описан в работах [9,10]. Этот способ основан на использовании установки ДКС, позволяющий определять непосредственно в забое характеристики процесса резания, такие как средние усилия резания, значения удельных энергозатрат, ширины и угла борозды резания. Определение данных величин позволяет достаточно полно оценивать способность горных пород противостоять механическим воздействиям рабочего инструмента на массив при резании.

Установка ДКС включает распорную стойку, с закрепленной на ней с возможностью поворота в горизонтальной плоскости державки, с эталонным резцом. Эталонный резец имеет угол резания –  $50^\circ$ , задний угол –  $10^\circ$ , ширину режущей кромки – 20 мм, плоскую переднюю грань. Между державкой и распорной стойкой устанавливается лебедка, создающая тяговое усилие, величина которого измеряется динамометром и регистрируется самопишущим устройством.

Сопротивляемость резанию определяется как отношение средней за один срез силы резания к толщине стружки эталонным резцом при резании с выровненной поверхности исследуемого массива горной породы. Значения показателей сопротивляемости определяются в нескольких точках по мощности пласта и в нескольких положениях вдоль забоя. Это позволяет определить усредненный показатель сопротивляемости горной породы резанию для исследуемого забоя.

Недостатками устройства ДКС являются: его громоздкость, большие затраты труда по доставке оборудования в шахту, в очистной или проходческий забой, значительная трудоемкость монтажа и обслуживания установки, необходимость подвода электрической энергии для питания электродвигателя лебедки, а также необходимость выравнивания поверхности забоя перед каждым измерительным резом. Большие затраты

времени также требуются на обработку полученных осциллограмм усилий резания. Все перечисленное значительно снижает возможность и эффективность использования данной установки.

В работе [11] описана конструкция устройства для определения горных пород резанию, состоящего из штанги, груза и резца. Работает устройство следующим образом.

В массиве горной породы подготавливается уступ, состоящий из взаимно перпендикулярных вертикальной и горизонтальной поверхностей. После этого с высоты сбрасывается груз  $Q$  некоторое число раз. В грузе имеется отверстие для перемещения по штанге. Груз ударяет по резцедержателю со штангой и резцом. За счет энергии падения груза резцом срезается стружка  $h$  и замеряется пройденный им путь  $L$ .

Расчет сопротивляемости породы резанию определяется по затратам энергии, пути перемещения главной режущей кромки резца при постоянном значении толщины стружки  $h$ .

К недостаткам данного способа определения сопротивляемости резанию пород относится необходимость подготовки в массиве пласта специального уступа, состоящего из вертикальной и горизонтальной поверхностей, причем пространство над горизонтальной поверхностью должно быть достаточным для размещения в нем устройства для измерения сопротивляемости резанию. Следует отметить низкую точность измерения сопротивляемости резанию в сравнении с другими способами.

Устройство, описанное в авторском свидетельстве на изобретение [12], позволяет определять сопротивляемость горной породы резанию. Принцип работы устройства заключается в том, что на исполнительном органе комбайна закрепляются два резца, один из которых зачистной, с широкой режущей кромкой, производит подготовку выровненной поверхности, а другой резец, расположенный позади зачистного резца с превышением, производит резание стружки с регистрацией нагрузки. Толщина стружки  $h$  на отстающем (измерительном) резце не зависит ни от скорости подачи комбайна, ни от скорости резания и остается постоянной. Значения скоростей резания и подачи влияют только на толщину среза опережающего, зачистного, резца. Величина нагрузки на отстающем резце при разрушении с выровненной поверхности стружкой постоянной толщины пропорциональна показателю сопротивляемости резанию горной породы, определенному при помощи резца ДКС. Замеры можно производить не только в отдельных точках, но и по всей длине лавы.

Недостатком этого способа определения сопротивляемости резанию является следующее: замеры можно производить только в зоне работы исполнительного органа комбайна, т.е. применение этого способа невозможно для замеров сопротивляемости в разрезных печах и в других забоях; износы зачистного и измерительных резцов, которые всегда наблюдаются при работе комбайнов, снижают точность измерений.

В работах [6,13] описаны конструкции устройств, предназначенных для определения сопротивляемости резанию горных пород в шпуре и в скважине. Работают эти устройства следующим образом.

Предварительно в массиве породы пробуривают бурильной машиной или буровым станком соответственно шпур или скважину. В пробуренные полости шпура или скважины вводятся режущие головки с измерительными резцами, утопленные в резцедержатель. Затем после упора режущей головки в забой шпура или скважины с помощью винтового механизма измерительные резцы поворачиваются и занимают рабочее положение для резания. При вытягивании режущей головки из шпура или скважины происходит срезание породы со стенок полостей с постоянными толщинами, усилия резания записываются регистрирующими приборами. Так как срезание породы в шпурах или в скважинах происходит при постоянных толщинах среза, то усилия, зафиксированные при резании, являются пропорциональными сопротивляемости породы резанию.

Недостатками этих устройств являются большая трудоемкость подготовительных работ, связанная с необходимостью бурения шпуров или скважин, что, в свою очередь, требует прокладки кабелей электропитания, доставки бурильных машин или бурильных станков к месту измерения, а затем и измерение сопротивляемости породы резанию.

Наибольшее распространение [14,15] в промышленности и при проведении исследований получили методы, основанные на разбуривании сверлом СДМ предварительно пробуренных шпуров и фиксации при этом усилий резания, пропорциональных сопротивляемости породы резанию, а также разбуривании ПК-1 предварительно пробуренных шпуров и фиксации при этом с помощью мессдозы осевого усилия, пропорционального сопротивляемости породы резанию.

Недостатки этих методов, основанных на разбуривании шпуров, аналогичны недостаткам работы установкам ДКС и устройствам для определения сопротивляемости породы резанию

в шпурах и скважинах, т.е. высокая трудоемкость, связанная с бурением шпуров, необходимостью прокладки линий электрического снабжения устройств ДКС и ПК-1.

Кроме описанных выше устройств, в настоящем исследовании анализировались конструкции различных установок для определения прочности бетона, разрыхления мерзлых грунтов, а также устройства для определения прочностных свойств горных пород ударными методами.

Из анализа научно-технической литературы и патентных охраняемых документов технически развитых стран установлено:

- способы, позволяющие определять прочностные свойства горных пород непосредственно в массиве пласта, имеют значительные преимущества перед лабораторными способами и устройствами, так как обеспечивают получение более достоверных значений его физико-механических свойств;

- большинство способов и устройств по определению сопротивляемости пород резанию в реальных шахтных условиях не пригодны для быстрого и эффективного исследования прочностных свойств горных пород из-за громоздкости применяемого оборудования, необходимости подведения к нему электрического питания, больших затрат труда и времени на проведение замеров.

Поэтому задача создания портативной установки, позволяющей с небольшими затратами труда и времени быстро, эффективно и достоверно определять прочностные свойства горных пород является актуальной.

### **Цель (задачи) исследования**

Целью настоящего исследования является разработка портативного прибора для определения прочностных свойств горных пород (преимущественно сопротивляемости резанию калийной соли) в реальных шахтных условиях.

Для достижения этой цели поставлены задачи по проведению анализа литературных источников и патентных материалов технически развитых существующих способов конструкций по определению прочностных свойств горных пород. На основе анализа способов и конструкций устройств по определению прочностных свойств горных пород принималось, что способ и прибор должны определять сопротивляемость резанию калийной соли с поверхности забоя.

### **Основной материал исследования**

При разработке требований к портативному прибору для определения прочностных свойств

горных пород применительно к калийным солям в реальных подземных условиях учитывались следующие обстоятельства.

Первым вопросом, стоящим при разработке портативного прибора для определения прочностных свойств массива калийного пласта, является: какие прочностные свойства необходимо замерять этим устройством.

Как отмечалось в работах [9,10,14], определение прочностных характеристик горных пород, необходимых для оценки нагрузок, действующих на исполнительные органы горных машин с режущим инструментом, должно основываться на резании. Причем этими работами предлагается показатель сопротивляемости резанию, интегрально учитывающий прочностные характеристики составляющих пород массива пласта, их упругие свойства, а также влажность, газоносность, трещиноватость, горное давление и другие факторы. Этот показатель широко используется в угольной промышленности при расчете сил резания, выборе рациональных режимов работы исполнительных органов очистных и проходческих комбайнов, разрушающих угольные пласты.

Сопротивляемость резанию горных пород определяется установками при резании с поверхности забоя ДКС [9] и при разбурировании шпура в массиве пласта СДМ [16]. Однако эти установки являются громоздкими, требующими больших затрат труда и времени на доставку их в забой, монтаж, работу с целью получения осциллограмм с записями усилий резания, демонтаж, транспортировку в новое место работы, а также больших затрат времени на обработку осциллограмм для получения необходимых значений сопротивляемости резанию горной породы.

При разработке устройства для определения сопротивляемости резанию калийной соли в настоящей работе ставится задача устранения недостатков, присущих установкам ДКС и СДМ, т.е. снижения трудоемкости проведения замеров за счет уменьшения габаритов и массы установок.

Первоочередным вопросом при решении этой задачи являлось выяснение целесообразности разработки устройства для резания с поверхности забоя или для резания внутри массива (шпура).

Работами [17], проведенными в Верхнекамском и Старобинском месторождениях калийных солей, установлено, что сопротивляемость резанию пласта калийной соли по ширине захвата исполнительного комбайна не уменьшается из-за отжима, что наблюдается на угольных пластах, и остается практически постоянной. Поэтому при

разработке способа и устройства для оперативного определения прочностных свойств калийной соли нет необходимости основываться на определении сопротивляемости резанию внутри массива пласта.

Вторым вопросом, стоящим при разработке способа определения сопротивляемости резанию пласта калийной соли, был вопрос снижения массы и размеров установки за счет уменьшения регистрируемых усилий резания, а также за счет отказа кабельного подвода к устройству электрической энергии.

По данным работы [17], сопротивляемость резанию пласта калийной соли в Старобинском и Верхнекамском месторождениях достигает значения 6 кН/см. Следовательно, для разработки портативного устройства необходимо, чтобы регистрируемое усилие резания, по сравнению с установкой ДКС, было примерно в 10...15 раз меньше. Уменьшить усилия резания измерительным резцом можно за счет двух параметров – толщины среза и ширины режущей кромки резца.

Для оценки степени необходимого уменьшения толщины и ширины среза воспользуемся выражением:

$$Z_n = K_y \cdot Z_{ДКС}, \quad (1)$$

где  $Z_n$  – регистрируемое усилие резания портативным прибором;  $Z_{ДКС}$  – регистрируемое усилие резания установкой ДКС;  $K_y$  – коэффициент уменьшения усилия резания за счет изменения толщины среза и ширины режущей кромки резца.

$$K_y = K_{yh} \cdot K_{ye}, \quad (2)$$

где  $K_{yh}$ ,  $K_{ye}$  – коэффициенты уменьшения усилия резания за счет соответственно уменьшения толщины среза и изменения ширины режущей кромки резца.

В связи с тем, что влияние толщины среза на усилия резания резцом ДКС принято считать линейным и пропорциональным, значения  $K_{yh}$  можно определить по выражению:

$$K_{yh} = \frac{h_n}{h_{ДКС}}, \quad (3)$$

где  $h_n$  и  $h_{ДКС}$  – соответственно толщина среза портативным прибором и толщина среза резцом ДКС.

Т.к.  $h_{ДКС} = 1$  см, то:

$$K_{yh} = h_n. \quad (4)$$

Коэффициент  $K_{yв}$  определялся по зависимостям [17] влияния ширины режущей кромки резца  $b$  на усилия резания:

$$K_{yв}=0,3+0,35b. \quad (5)$$

Из выражений (1...5) определены значения  $h_n=0,3$  см и  $b_n=0,2$  см (здесь  $b_n$  – ширина режущей кромки измерительного резца прибора), коэффициент  $K_y=0,08$ , т.е. уменьшение усилия резания резцом портативного прибора в сравнении с резцом ДКС будет равно:  $1/0,08=12,5$ , т.е. примерно 12.

Вместе с тем следует иметь в виду, что уменьшение толщины среза и ширина режущей кромки резца может привести к искажению полученных результатов. Поэтому для установления связи показателей сопротивляемости резанию калийной соли резцом ДКС со значениями усилий резания уменьшенным резцом и с уменьшенной толщиной среза проведены экспериментальные исследования. Экспериментальные исследования необходимы также для установления рациональных значений толщины среза и ширины режущей кромки резца портативного прибора. Эти значения должны быть с одной стороны достаточно малыми, чтобы не затруднять работу ручного привода, но при этом регистрируемые сигналы от резца должны быть достаточно большими для получения электрических сигналов, пропорциональных значениям усилий резания, с высокой точностью.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях на стенде (рис. 1), конструкция которого разработана на кафедре

«Горные машины» ДонНТУ под руководством автора и защищена авторским свидетельством на изобретение [24].

Стенд состоит из поперечно-строгального станка 1, тензодинамометров с исследуемыми резцами 2, блоков калийной соли, вырезанных из массивов пластов рудников ПО «Белоруськалий», покрытых специальными изоляционными лаками и мастиками и закрепленных на суппорте станка 3. Также стенд включает регистрирующую и усилительную аппаратуру 4.

Резание производилось поперек напластованию с выровненной поверхности блока с постоянной толщиной среза. Для исключения взаимного влияния резов резцов ДКС расстояние между ними принималось не менее 250 мм.

Толщина среза устанавливалась по нониусу каретки суппорта строгального станка, после каждого опыта ее величина контролировалась штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Полученные в каждом опыте записи на осциллографической ленте усилий резания обрабатывались с целью установления значений их математических ожиданий, которые использовались для определения сопротивляемости калийной соли резанию. После каждого реза резцом ДКС на блоке калийной соли образовывалась полоска ровной поверхности шириной 20 мм. На этих поверхностях производились резы уменьшенным резцом с толщиной среза 0,3 см при ширинах режущих кромок резцов 0,2 см и 0,3 см, при углах резания  $50^\circ$  и при задних углах  $10^\circ$ . Эти усилия резания регистрировались на осциллограмме, и после обработки, также как и для резца ДКС, устанавливались их математические ожидания.

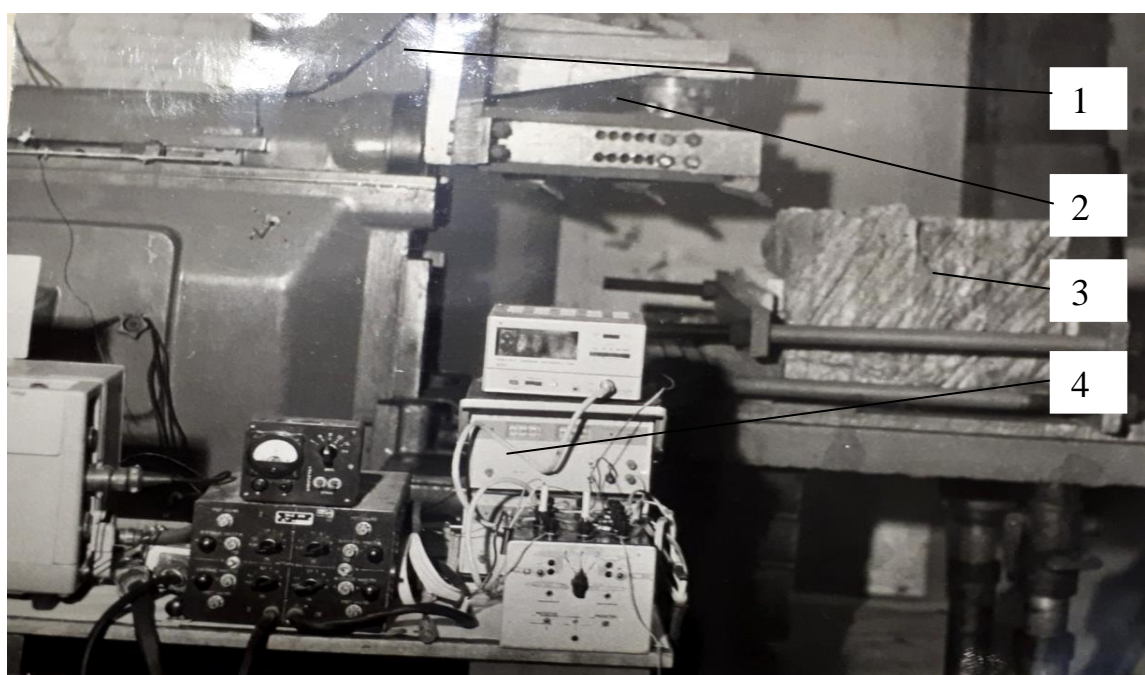


Рис. 1. Стенд для исследования разрушения калийной соли

Затем полученные экспериментальные данные резания резцами ДКС и уменьшенными резцами обрабатывались на компьютере с целью получения корреляционной зависимости между исследуемыми факторами. Результаты исследований в виде графиков зависимостей сопротивляемости резанию калийной соли от усилий резанию уменьшенными резцами приведены на рис. 2. Из графиков видно, что существует связь между сопротивляемостью резанию калийной соли и усилиями резания уменьшенными резцами. Значения коэффициентов корреляции при этом составляют примерно 0,95...0,97. Это свидетельствует о высокой точности измерений сопротивляемости резанию калийной соли уменьшенными резцами портативного прибора.

При разработке конструкции устройства для определения сопротивляемости резанию калийной соли ставились следующие требования.

Первым требованием к портативному устройству являлась необходимость зачистки поверхности забоя, на которой производится замер сопротивляемости резанию. Причем при зачистке измерительный резец не должен контактировать с забоем, а при измерительном резе с подготовленной выровненной поверхности толщина среза должна быть установлена с точностью не более  $\pm 0,05$  мм.

Второе основное требование к разрабатываемому устройству определения сопротивляемости резанию состоит в обеспечении измерения сопротивляемости резанию калийной соли под различными углами к напластованию и при надежном креплении устройства в забое.

Третьим основным требованием к разрабатываемому устройству являлась автоматическая обработка полученных данных без последующей

обработки осциллограмм.

Кроме указанных требований, при разработке устройства учитывались также автономность питания, возможность применения в агрессивной шахтной среде калийного рудника, эргономичность и другие требования.

На рис. 3 приведен общий вид установки для определения сопротивляемости резанию калийной соли.

Устройство состоит из рамы 1, на которой закреплен редуктор привода 2, направляющие 3, на которых установлены траверса 4 и резцедержатель 5 с измерительным 6 и зачистным 7 резцами. На раме 1 установлены опоры 9 и саморезные винты для крепления портативного прибора к калийному пласту. У прибора имеется электронно-вычислительное устройство 10 с жидкокристаллическим дисплеем, на котором высвечивается значение сопротивляемости резанию калийной соли. В памяти устройства может храниться до ста значений сопротивляемости резанию калийной соли. Питание электронно-вычислительного устройства осуществляется от источника питания  $\pm 4,5$  В. Потребляемый ток в режиме измерения 0,4 А, в режиме индикации – 0,9 А.

Для проверки работоспособности и эффективности работы разработанной конструкции прибора был изготовлен экспериментальный образец, который испытан в лабораторных условиях на стенде, описанном выше. На стенде при каждом опыте определяли вначале сопротивляемость резанию калийной соли резцом ДКС, а затем сопротивляемость резанию портативным прибором. Расхождение результатов сопротивляемости резанию калийной соли при определении этими двумя способами составляло 3...5 %.

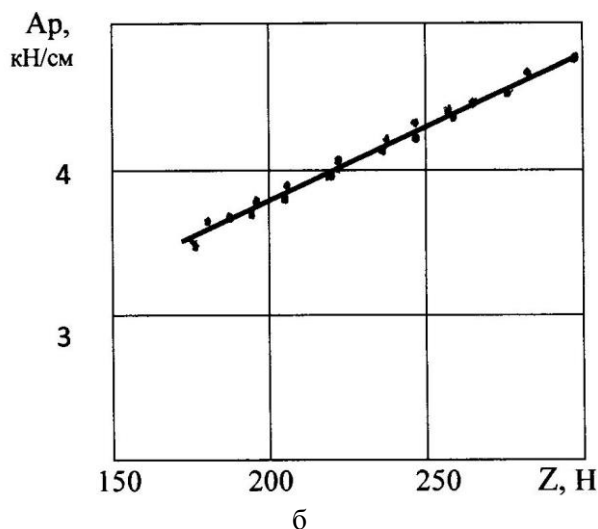
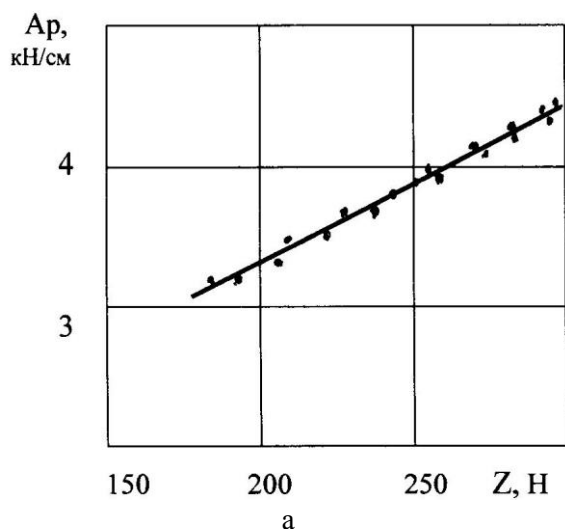


Рис. 2. Зависимость сопротивляемости резанию калийной соли от значений сил резания уменьшенным резцом с толщиной среза  $h_n=0,3$  см:  
а – с  $v_n=0,2$  см; б – с  $v_n=0,3$  см



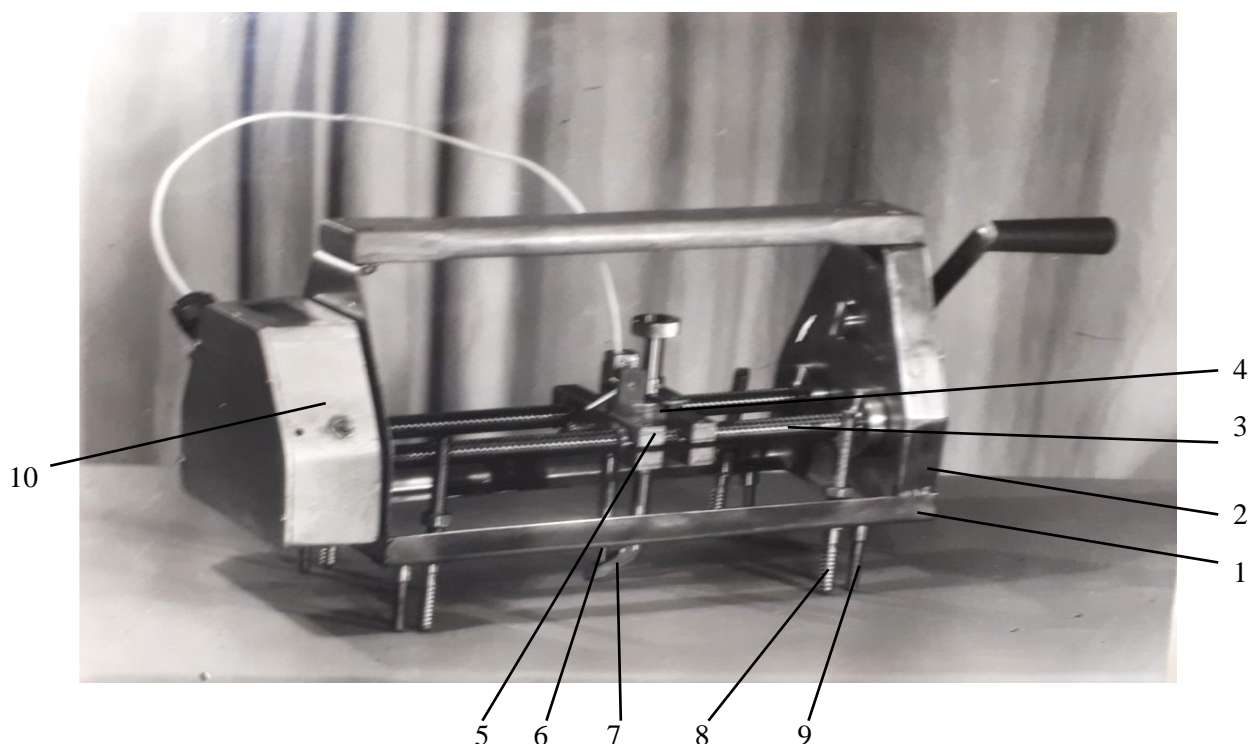


Рис. 3. Портативный прибор для определения сопротивляемости резанию калийной соли в шахтных условиях

После проведенных лабораторных исследований были проведены испытания портативного прибора в шахтных условиях на третьем руднике ПО «Белоруськалий», которые показали эффективность применения этого устройства.

### Выводы

Из анализа способов и устройств по определению прочностных свойств горных пород, выполненного по литературным источникам и охранным документам развитых стран, установлено, что большинство существующих устройств очень громоздки, требуют при замерах больших затрат времени и труда, либо дают низкие показатели по достоверности и точности результатов.

При разработке устройства для определения сопротивляемости резанию калийной соли в настоящей работе поставлена задача устранения недостатков, присущих существующим установкам, т.е. снижению трудоемкости проведения замеров за счет уменьшения габаритов и массы установок.

Для оценки степени необходимого уменьшения толщины и ширины среза портативного прибора проведены теоретические и экспериментальные исследования в лабораторных условиях на стенде с использованием блоков, вырезанных из массива пласта калийной соли.

Для разработки конструкции устройства для определения сопротивляемости резанию калий-

ной соли сформулированы требования к портативному прибору, а затем для проверки эффективности работы разработанной конструкции был изготовлен экспериментальный образец, который исследован в лабораторных условиях на стенде. Результаты исследований показали высокую сходимость показателей сопротивляемости резанию установкой ДКС и разработанным прибором.

Испытания портативного прибора в шахтных условиях на третьем руднике ПО «Белоруськалий» показали эффективность применения этого устройства.

### Список литературы

1. Пат. РФ МПК7: G01N3 E02D1. Устройство для определения прочности горных пород в массиве / Д.Н. Петров, А.Б. Максимов. – №2303251; опубли. 23.03.2013.
2. А.с. СССР, МКИ E21C 39/00. Прибор для определения сопротивляемости пород резанию в забое / В.А. Бренер [и др.] (СССР). – №2583373/22-03; заявл. 22.02.78; опубли. 14.03.81, Бюл. №10. – 2 с.
3. А.с. СССР, МКИ G01/L 1/04. Способ определения сил резания для любого режима резания / А.В. Шишкин [и др.] (СССР). – №2470066/24-02; заявл. 28.03.77; опубли. 30.05.81, Бюл. №14. – 4 с.
4. А.с. СССР, МКИ G01/L5/16. Устройство для измерения сил резания / В.Д. Купцов [и др.]

- (СССР). – №2710156/20-05; заявл. 20.11.78; опубл. 15.06.81, Бюл. №22. – 4 с.
5. А.с. СССР, МКИ E21C 39/00. Устройство для определения сопротивляемости пород резанию / Е.О. Решко [и др.] (СССР). – №2839782/20-05; заявл. 11.11.79; опубл. 23.07.81, Бюл. №42. – 4 с.
6. А.с. СССР, МКИ E21-C 39/00. Устройство для определения сопротивляемости пород резанию / А.Т. Затонских, Л.А. Затонских (СССР). – №28670444/22-03; заявл. 10.01.80; опубл. 23.09.81, Бюл. №35. – 4 с.
7. А.с. СССР, МКИ E21C 39/00. Способ исследования сопротивляемости строительных материалов и горных пород резанию и устройство для его осуществления / В.Г. Долгих (СССР). – №2320657/ 22-03; заявл. 04.02.76; опубл. 23.10.81, Бюл. №39. – 6 с.
8. А.с. СССР, МКИ E21C 39/00. Способ определения сопротивляемости калийной руды резанию / В.И. Ефремов [и др.] (СССР). – №3560746/22-03; заявл. 04.03.83; опубл. 15.05.85, Бюл. №14. – 3 с.
9. Берон, А.И. Резание угля. – М.: Госгортехиздат, 1962. – 196 с.
10. Позин, Е.З. Сопротивляемость углей резанию режущими инструментами. – М.: Наука, 1972. – 238 с.
11. А.с. СССР, МКИ E21C 39/00. Устройство для определения сопротивляемости горных пород резанию / Е.О. Решко [и др.] (СССР). – №2839782/20-05; заявл. 11.11.79; опубл. 23.07.81, Бюл. №42. – 4 с.
12. Разработка и изготовление макетного образца измерительного резца для определения сопротивляемости угля резанию: Отчет о НИР/ ИГД им. А.А. Скочинского; Е.З. Позин. – М., 1986. – 47 с.
13. А.с. СССР, МКИ E21C 39/00. Прибор для определения сопротивляемости горных пород резанию / А.Т. Затонских, Л.А. Затонских (СССР). – №2267043/22-03; заявл. 10.01.80; опубл. 23.01.82, Бюл. №39. – 4 с.
14. Лейбов, В.М. Метод определения сопротивляемости углей разрушению / В.М. Лейбов, Е.З. Позин. – М.: Углетехиздат, 1957. – 24 с.
15. Приборы для прогноза выбросоопасных зон в угольных пластах. ПГ-2 МА, ЗГ-1 и ПК- 1. Техническое описание. – Ворошиловград, 1978. – 28 с.
16. Пугачев, Е.В. Инструментальное определение прочностных и деформационных свойств горных пород в натуральных условиях / Е.В. Пугачев, В.А. Корнеев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 6(94). – С. 50-53.
17. Режимы работы комбайнов для добычи калийных руд / В.А. Бренер и др. – М.: Недра, 1984. – 286 с.
18. Пат. 4181360 США, МКИ E21C 39/00. Cutting Force Sensor. Coal Industry (Великобритания). – №403219; заявл. 03.10.2010; опубл. 01.01.2011.
19. Пат. 4189183 США, МКИ E21C 39/00. Mining machine with cutter drums and sensing apparatus / Gebbs, Eickhoff (ФРГ). – №931644; заявл. 07.08.78; опубл. 19.02.80.
20. А.з. ФРГ МКИ G01/L 5/00. Mebshtide fur Eidbewegungsmaschinen / Fried. Krupp GmbH (ФРГ). – №3413612; заявл. 15.03.85; опубл. 18.09.86. – 20 с.
21. А.з. ФРГ, МКИ E21C 25/36. Mebvorrichtvng fur die Meibtlandruck / Schnittkraft bergwerks-vrband GmbH (ФРГ). – №3321237; заявл. 11.04.84; опубл. 17.10 85. – 5 с.
22. А.з. 57-931 Япония, МКИ G01/L 5/00. Устройство для измерения силы резания / Тосиба Кикай К.К. (Япония). – №49-20663; заявл. 21.02.74; опубл. 08.01.82. – 8 с.
23. А.з. 57-29661 Япония, МКИ G01/L 5/00. Зажимной резец для измерения сопротивляемости резанию / Ниппон Токусю Торё К.К. (Япония). – №50-72 315; заявл. 13.06.75; опубл. 24.06.82. – 5 с.
24. А.с. СССР, E21C 27/32. Стенд для исследования исполнительных органов горных машин / Н.Г. Афендииков [и др.] (СССР). – №1273544; заявл. 21.06.85; опубл. 01.08.86, Бюл. №44. – 4 с.

**N.G. Afendikov /Cand. Sci. (Eng.)/**

*Donetsk National Technical University (Donetsk)*

## PORTABLE DEVICE FOR DETERMINING THE STRENGTH PROPERTIES OF ROCKS

**Background.** For a reasonable choice from the list of currently produced mining machines in relation to specific mining and geological conditions, as well as for a reasonable choice of rational parameters of the operating modes of the working bodies and their drives, both in the design and improvement of existing machines, it is necessary to know the strength characteristics of the destroyed rock formations.



**Materials and/or methods.** When developing a device for determining the potassium salt cutting resistance, in this paper, set the task of eliminating the shortcomings inherent in the DKC and SDM units, i.e. reducing the complexity of measurements by reducing the size and weight of the units. Theoretical and experimental studies carried out to assess the degree of the required reduction in the thickness and width of the cut by the cutter of the portable device. Set requirements for the design, engineered and manufactured the device for determining the resistance to cutting of the potassium salt.

**Results.** To check the performance and efficiency of the developed design of the device, an experimental sample made and tested in the laboratory on the stand and in the mine conditions.

**Conclusion.** Tests of the portable device in mine conditions at the third mine of “Beloruskaliy” showed high efficiency of application of this device.

**Keywords:** strength properties, rocks, measuring tools, recording, low labor intensity.

#### Сведения об авторе

Н.Г. Афенди́ков

ORCID iD: 0000-0001-8876-7254

Телефон: +380 (50) 628-23-60, +380 (71) 376-13-46

Эд. почта: an77tn@gmail.com

Статья поступила 30.01.2019 г.

© Н.Г. Афенди́ков, 2019

Рецензент д.т.н., проф. А.П. Кононенко

