УДК 622.284.74:622.273.23

ПОИСК ПУТЕЙ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЗАМКА АНКЕРА В ШПУРЕ

Ренёв Алексей Агафангелович[1],
доктор техн. наук, профессор, e-mail: raa@kuzstu.ru
Костюк Светлана Георгиевна[2],
канд. техн. наук, директор, e-mail: kostuksg@rambler.ru
Бедарев Николай Тимофеевич[2],
канд. техн. наук, доцент, e-mail: nt.bedarev@gmail.com
Бородин Игорь Васильевич[3],
заместитель директора по производству, e-mail: talzap@suek.ru
Любимов Олег Владиславович[1],
канд. техн. наук, доцент, e-mail: oleg_lyubimov@mail.ru
Ситников Геннадий Анисимович[2],
канд. техн. наук, доцент, e-mail: gasitnikov@yandex.ru
[1]Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
[2]Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевске, 653033, Россия, Кемеровская область, г. Прокопьевск, ул. Ноградская, 19а
[3]Шахта «Талдинская-Западная» ОАО «СУЭК-Кузбасс»

Аннотация

Приведен анализ методов контроля состояния анкеров для крепления горных выработок. Выявлены проблемы, связанные с контролем состояния замка в шпуре в различных условиях, в частности, при эксплуатации анкеров в горных выработках в условиях подвесных монорельсовых дорог.

Приведены результаты оценки несущей способности анкеров от длины скрепляющего состава в шпуре, что дает предпосылки для создания новых конструкций в этой области.

Описано устройство, защищенное патентом на полезную модель, позволяющее визуально обеспечивать возможность контроля срыва замка анкера во вмещающим массиве с последующим его движением в шпуре до предельного смещения, что особенно важно с точки зрения повышения безопасности движения транспортных средств на подвесных дорогах в горных выработках.

Намечен путь дальнейших исследований в направлении учета динамического характера нагрузок на анкер.

Ключевые слова: *горная выработка, подвесная монорельсовая дорога, анкер, срыв замка, предельное смещение, контроль.*

Введение

Анализ существующих нормативных документов и различных пособий по установке и контролю работы анкерных крепей позволил рекомендовать в работе [1] для визуального контроля в период установки и эксплуатации анкера применение узлов податливости в виде пакета прорезиненных шайб.

В то же время контроль за предварительным натяжением анкеров осуществляют с помощью динамометрических ключей, а расслоение массива регистрируется с помощью глубинных и контурных реперов различной конструкции, устанавливаемых в специально оборудованных замерных станциях, что приводит к значительным затратам. При этом контроль за функционированием анкерной крепи осуществляется косвенно, по результатам подвижки массива (на расстоянии от анкера), а о том, как взаимодействует анкер с вмещающими породами, можно судить только путем приложения усилий к анкеру. В результате анкер, обладающий несущей способностью, может быть частично сорван с места закрепления замка (при задании завышенных нагрузок), и его несущая способность снизится; чем чаще испытывать анкера на несущую способность, тем чаще будет уменьшаться их сцепление с массивом.

Применяемые методики контроля состояния анкеров

Контроль нагрузки на анкер осуществляется с помощью контурных индикаторов нагрузки ИНА и сферических шайб, по величине их деформирования определяется нагрузка на концевик анкерной штанги [2-5].

С целью определения осевой деформации и деформации изгиба в анкерных штангах применяются тензометрические анкера. Деформация измеряется с помощью пар тензодатчиков, установленных на противоположных сторонах анкера с некоторым интервалом по всей его длине [3]. Для контроля расслоения породных слоев в кров-

ле выработки и смещения её контура применяется глубинный индикатор перемещения пород ИППГ и его английский аналог Тел-Тейсл. Данные индикаторы устанавливают на глубину, вдвое превышающую длину анкерных штанг, что позволяет получить данные с четырех уровней закрепления их датчиков, Для контроля расслоения на большей глубине от контура выработки (до 7,5 м) применяется магнитный экстенсометр, имеющий до 20 магнитных якорей [3,4]. В качестве геофизического контроля состояния кровли горных выработок, закрепленных анкерной крепью, применяются ударно-волновой (виброакустический) и электрометрический методы [2, 5].

Все перечисленные методы контроля выполняются периодически и носят локальный характер. Кроме того, во всех случаях требуется повышение трудовых и материальных затрат, а также специально обученный персонал, а в материалах работы [1] не предусмотрена возможность фиксации момента срыва узла крепления анкера с массивом пород и движение его вдоль шпура, что усложняет возможность использования таких анкеров для подвески монорельсовых дорог в горных выработках.

Таким образом, недорогой систематический визуальный контроль, доступный всем рабочим и техническому надзору при установке и эксплуатации анкерной крепи, пока отсутствует.

Но для подвесных монорельсовых дорог нагрузка на анкер резко возрастает, а существующие методы расчета параметров анкеров для крепления горных выработок не могут быть приняты для расчета, т.к. при движении поездных составов на анкерные подвески действуют динамические силы с коэффициентом динамики, величина которого принимается равным 2. При этом рекомендуется использовать сталиполимерные анкеры с наличием элементов податливости с несущей способностью не менее 10кН, с размещением их замковой части выше анкеров крепления выработок [6].

В результате возникла необходимость визуального контроля за работой анкера в шпуре при наличии динамических нагрузок, превышающих обычные в 2 и более раз; необходимость определения предельной (до срыва замка) несущей способности анкеров в шпуре с учетом типа пород и величин удельного сцепления скрепляющего состава, в зависимости от длины заполнения шпура скрепляющим составом.

Проведенные исследования

Для определения минимальной длины скрепляющего состава в шпуре для получения несущей способности 100кН и более были проведены испытания анкеров А20В на пласте 48 шахты «Талдинская-Южная» (мощность пласта 3.1-4,15 м, с коэффициентом крепости 0,9-1,1, при наличии в непосредственной кровле алевролита мощностью 9-11м, с коэффициентом крепости 4,5-6,0) (таблица 1).

Проведенные исследования показали, что несущую способность анкера представляется возможным увеличить в 2 и более раз, за счет увеличения длины заполнения шпура скрепляющим составом, причем в твердых породах длину заполнения можно уменьшать, однако необходимо осуществлять контроль за срывом замка анкера.

Таблица 1. Зависимость несущей способности анкера от длины заполнения шпура скрепляющим составом

Длина заполнения скрепляющим материалом, мм	Несущая способность анкера, кН	
	уголь	алевролит
200	20	45
250	40	90
300	50	120
350	70	160
400	90	190
450	110	
500	130	
550	140	
600	165	

Предлагаемые решения проблемы

На основании изложенного, для контроля срыва замка анкера в шпуре разработано техническое решение и получен патент на полезную модель [7].

Разработанное устройство поясняется чертежами, где на рис. 1 представлен общий вид анкера в исходном положении до срыва замка и начала движения стержня по шпуру, а на рис. 2 – работа анкера после срыва замка и движении стержня по шпуру с поэтапной индикацией степени опасности при смещении, меньшем, чем предельное ($l < l_{пред}$), рис. 3 – работа анкера с индикацией опасного состояния при достижении предельного смещения замка ($l \geq l_{пред}$).

Указанный анкер включает замок 1, соединенный с головной частью стержня 2, опорную плиту 3 и узел податливости, снабженный средствами поэтапной сигнальной индикации в виде полосок 4 из светоотражающего материала. В составе узла податливости между опорной плитой 3 и массивом горных пород с возможностью свободного скольжения по стержню 2 анкера размещена конусная пружина 5, основанием конуса направленная в сторону массива, а вершиной – в сторону опорной плиты, при этом нижние концы полосок 4 из светоотражающего материала закреплены у вершины конусной пружи-

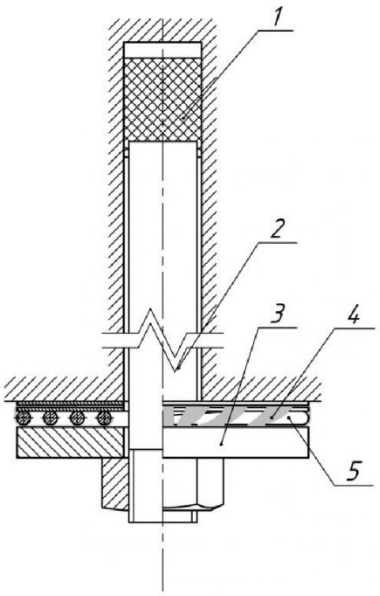

Рис. 1

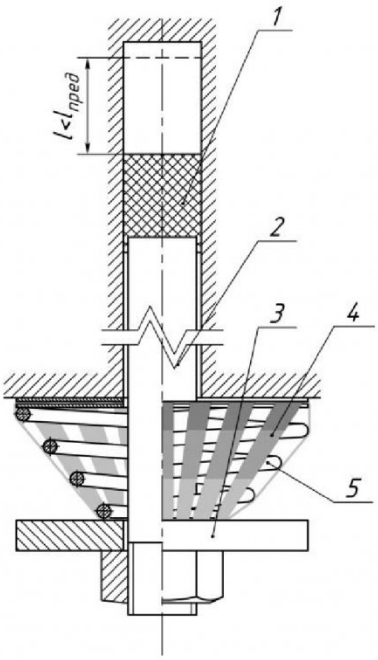

Рис. 2

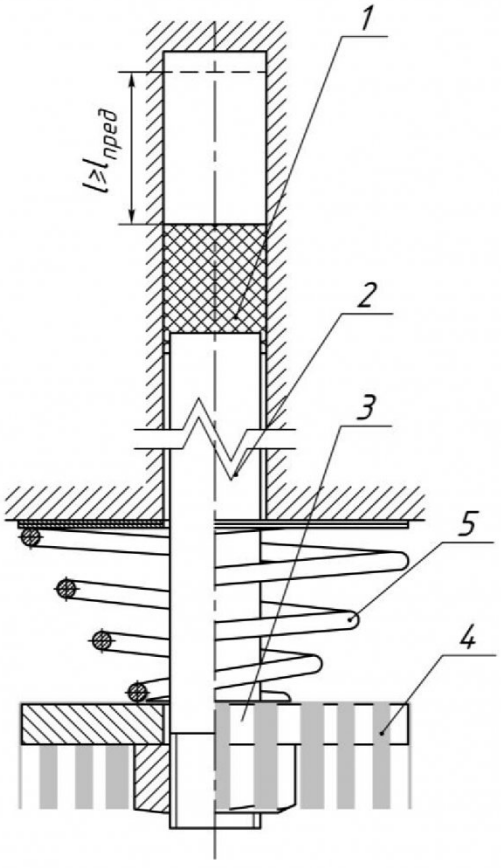

Рис. 3

ны 5, а верхние концы оставлены незакрепленными с возможностью их вытягивания из-под основания конусной пружины 5 и экспонирования их светоотражающих поверхностей. Вытягивающиеся из-под основания пружины 5 и экспонирующиеся поверхности полосок 4 из светоотражающего материала выполнены с возможностью индикации по мере вытягивания различной степени опасности при движении стержня 2 после срыва замка 1 по шпуру. Полоски 4 из светоотражающего материала выполнены также с возможностью выпадения вниз их незакрепленных верхних концов при предельном смещении

замка 1.

Анкер работает следующим образом:

После закрепления в шпуре замком 1 головной части стержня 2 и в дальнейшем, при отсутствии срыва замка 1 в шпуре, конусная пружина 5 сжата между опорной плитой 3 и массивом горных пород. Узел податливости находится в состоянии, когда средства поэтапной индикации в виде полосок 4 из светоотражающего материала заправлены под верхнее основание конусной пружины 5,экспонируется только небольшая часть их поверхности (рис..1).

В случае срыва замка 1 в шпуре и начала движения стержня 2 (при смещении замка от начального положения $l < l_{пред}$) конусная пружина 5 начинает разжиматься в зазоре между опорной плитой 3 и массивом горных пород (равном l).

Разработанное в техническом решении положение в составе узла податливости конусной пружины 5 – с возможностью свободного скольжения по стержню анкера, направленность основанием конуса в сторону массива, а верхней частью конуса в сторону опорной плиты – предопределяет, во-первых, гарантированную невозможность ее проникновения в шпур, а во-вторых – видимость для наблюдателя снизу полосок из светоотражающего материала 4, нижние концы которых закреплены у вершины конусной пружины 5, а верхние концы оставлены незакрепленными с возможностью их вытягивания из-под основания конусной пружины 5 и экспонирования их светоотражающих поверхностей.

Экспонирующиеся поверхности полосок 4 из светоотражающего материала выполнены с возможностью индикации по мере вытягивания различной степени опасности при движении стержня 2 после срыва замка 1 по шпуру, Например, 40, 70, и 90 % от предельного смещения замка $l_{пред}$ могут соответствовать последовательно вытягивающиеся из-под основания конусной пружины 5 и экспонирующиеся участки поверхности полосок 4 разных цветов опасности, видимые наблюдателю (рис. 2).

Наконец, при достижении предельного смещения замка ($l \geq l_{пред}$) выпадают вниз незакрепленные верхние концы полосок 4 из светоотражающего материала, что дает наблюдателю сигнал об этом опасном состоянии (рис. 3).

Выводы. Предлагаемые пути дальнейших исследований

Таким образом, разработанное техническое решение обеспечивает возможность контроля срыва замка анкера во вмещающим массиве с последующим его движением в шпуре до предельного смещения, что особенно важно с точки зрения повышения безопасности движения транспортных средств на подвесных дорогах в горных выработках.

Следует отметить, что предельное смещение замка для каждого случая выбирается из условия предельно допустимых грузов с учетом коэффициента динамичности, т.е. в предлагаемых условиях представительная выборка анкеров подвергается выдергиванию из шпуров до состояния потери заданной несущей способности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Баскаков, В.П.* Рекомендации по систематическому визуальному контролю за работой анкерной крепи / В.П. Баскаков, Н.Т. Бедарев, С.Г. Костюк и др. – Прокопьевск, 2013. – 39с.

2. *Скипочка, С.И.* Геофизический контроль состояния кровли горных выработок, закрепленной анкерной крепью / С.И. Скипочка, Б.М. Усаченко, А.А. Яланский. – Геотехническая механика: Сб. научных трудов/ ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск, 2002, № 38. – С.109-114.

3. *Булат, А.Ф.* Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт / А.Ф. Булат, В.В. Виноградов. – Днепропетровск, 2002. – 372с.

4. *Опрышко, Ю.С.* Мониторинг состояния выработок с анкерной крепью / Ю.С. Опрышко. – Геотехническая механика: Сб.науч. трудов / ИГТМ НАНУ.– Днепропетровск, 2002, № 38. – С.157-165.

5. *Скипочка, С.И.* Виброакустический контроль динамики системы «Углепородный массив – крепь горных выработок» / С.И. Скипочка, Т.А. Паламарчук, А.В. Мухин, В.Г. Черватюк. – Сб. научн. трудов / ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск, 2002, №36. – С. 135.

6. *Кузнецов Е.В.*Обоснование параметров крепления монорельсовых дорог в выработках с анкерной крепью. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Кемерово 2009.18с.

7. *Бедарев, Н.Т. и др.* Патент на полезную модель №144474 «Анкер для крепления горных выработок», опубл.20.08.2014. Бюл. № 23.

Поступило в редакцию 27.04.2015

SEACHING OF WAYS FOR THE STATUS CONTROL OF THE ANCHOR'S LOCK IN THE HOLE

Renyov A.A.[1],
D.Sc. (Engineering), Professor, e-mail: raa@kuzstu.ru
Kostyuk S.G.[2],
C.Sc. (Engineering), Director, e-mail: kostuksg@rambler.ru
Bedarev N.T.[2],
C.Sc. (Engineering), Associate Professor, e-mail: nt.bedarev@gmail.com
Borodin I.V.[3],
Vice-Director for Manufacturing, e-mail: talzap@suek.ru
Lyubimov O.V.[1],
C.Sc. (Engineering), Associate Professor, e-mail: oleg_lyubimov@mail.ru
Sitnikov G.A.[2],
C.Sc. (Engineering), Associate Professor, e-mail: gasitnikov@yandex.ru

[1]T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation
[2]T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Prokopyevsk branch, 19a street Nogradskaya, Prokopyevsk, Kemerovo region, 653033, Russian Federation
[3]Mine "Taldinskaya – The Western", "SUEK-Kuzbass" company

Abstract

Analysis methods for monitoring the status of the anchors for mining are shown. Problems associated with the control of the state of the lock in the hole in a variety of conditions, in particular, the operation of the anchor in mines under conditions of suspended monorails are revealed. Results of evaluating the bearing capacity of the length of fastening bolts in a hole structure, which gives prerequisites for the establishment of new structures in the area. The device protected by a patent for utility model, allows you to visually provide the ability to control the lock anchor failure in the host array with its subsequent movement in the hole to limit bias, which is especially important in terms of improving safety of vehicles on the monorail in mines. Way for further research towards integrating the dynamic nature of loads to be bolted is shown.

Keywords: *excavation, suspended monorail, anchor; lock disruption, limit displacement, control.*

REFERENCES

1 Baskakov, V.P. Rekomendatsii po sistematicheskomu vizual'nomu kontrolyu za rabotoy ankernoy krepi [Recommendations for systematic visual inspection of the functioning of anchoring]/ V.P. Baskakov, N.T. Bedarev, S.G. Kostyuk and other. – Prokopyevsk, 2013. – 39 p.(rus)

2. Skipochka, S.I. Geofizicheskiy kontrol' sostoyaniya krovli gornykh vyrabotok, za-kreplennoy ankernoy krep'yu [Geophysical control of the state of mining roof fixed by roof bolting]/ S.I. Skipochka, B.M. Usachenko, A.A. Yalanskiy. – Geotechnical Mechanics: collection of proceedings / IGTM NANU. – Dnepropetrovsk, 2002, № 38. – P.109-114. (rus)

3. Bulat, A.F. Oporno-ankernoe kreplenie gornykh vyrabotok ugol'nykh shakht [Support-anchoring of mining workings in coal mines] / A.F. Bulat, V.V. Vinogradov. – Dnepropetrovsk, 2002. – 372 p. (rus)

4. Opryshko, Yu.S. Monitoring sostoyaniya vyrabotok s ankernoy krep'yu [Monitoring of the status of workings with roof bolting] / Yu.S. Opryshko. – Geotechnical Mechanics: collection of proceedings / IGTM NANU.– Dnepropetrovsk, 2002, № 38. – P.157-165. (rus)

5. Skipochka, S.I. Vibroakusticheskiy kontrol' dinamiki sistemy «Ugleporodnyy massiv – krep' gornykh vyrabotok» [Vibro-acoustic monitoring of dynamics of the system "coal-rock block - mine working"] / S.I. Skipochka, T.A. Palamarchuk, A.V. Mukhin, V.G. Chervatyuk. – Collection of proceedings / IGTM NANU. – Dnepropetrovsk, 2002, № 36. – S. 135.

6.Kuznetsov, E.V. Obosnovanie parametrov krepleniya monorel'sovykh dorog v vyrabot-kakh s ankernoy krep-'yu. Avtoreferat dissertatsii na sosiskanie uchenoy stepeni kandidakta tekhnicheskikh nauk. [Justification of parameters for fixing of monorails in the workings of a roof bolting. Synopsis of C.Sc (engineering)]. – Kemerovo, 2009. 18 p.

7. Bedarev, N.T. and other. Patent na poleznuyu model' №144474 «Anker dlya krepleniya gornykh vyrabotok» [Utility model patent № 144474 "Anchor for roof bolting of mine workings"], publ. 20.08.2014. Bul. № 23.

Rreceived 27 April 2015