

5. Самедов, А.М. Расчет и проектирование геотехнических инженерных сооружений (монография) [Текст] / А.М. Самедов. – Киев, НТУУ «КПИ», 2013. – с. 806.

Статья поступила в редакцию 29.01.2017г.

УДК 622.28.04, 622.81

DOI: 10.20535/2079-5688.2017.32.90738

Ю.М. Халимендик, д-р техн. наук, профессор, **А.С. Барышников**, канд. техн. наук, **В.Ю. Халимендик**, инженер (ГБУЗ «НГУ»)

ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАМКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПИ

Iu. Khalimendik, D. Sc. (Tech.), Professor, **A. Baryshnikov**, Ph.D. (Tech.), **V. Khalimendik**, Engineer (State HEI “NMU”)

EXPLOSION-PROOF USAGE OF THE STEEL YIELDING SUPPORT JOINT CLAMPS

У статті розглядається проблема безпечної експлуатації податливого кріплення зі спецпрофілю СВП.

Розглянуті деформації замкових з'єднань у шахтних умовах. Наведені результати стендових випробувань замкових з'єднань. Показано, що при роботі замкового з'єднання чергується взаємне зчеплення й ковзання елементів податливого вузла з перекосом скоб. Різкий перехід зі зчеплення в ковзання супроводжується стрибком скоб з іскроутворенням. Температура й час життя іскор достатні для запалення метаноповітряної суміші.

Для виключення іскроутворення запропонована вдосконалена конструкція замка податливості, що усуває його перекоп.

Ключові слова: замкове з'єднання; вузол податливості; спецпрофіль СВП; метаноповітряна суміш; запалення; іскра; вибухобезпечність.

В статье рассматривается проблема безопасной эксплуатации податливой крепи из спецпрофиля СВП.

Рассмотрены деформации замковых соединений в шахтных условиях. Приведены результаты стендовых испытаний замковых соединений. Показано, что при работе замкового соединения чередуется взаимное сцепление и скольжение элементов податливого узла с перекосом скоб. Резкий переход из сцепления в скольжение сопровождается скачком скоб с искообразованием. Температура и время жизни искр достаточны для воспламенения метановоздушной смеси.

Для исключения искообразования предложена усовершенствованная конструкция замка податливости, устраняющая его перекоп.

Ключевые слова: замковое соединение; узел податливости; спецпрофиль СВП; метановоздушная смесь; воспламенение; искра; взрывобезопасность.

The problem of the safe operation of the steel yielding support made of V-shape profile

“SVP” is considered.

The examples of joint clamps deformation in the mine workings are shown. The results of joint clamps bench testing are given. It is shown that during the work of joint clamps the adhesion and slip of yielding joint elements are interchanged and the clamps are warped. The abrupt transition from the adhesion to slip is accompanied by a jump of clamps with sparking. The sparks' temperature and life-time are enough to ignite a methane-air mixture.

To exclude sparking the improved design of the joint clamp that eliminates its warping is proposed.

Keywords: joint clamp; yielding joint element; V-shape profile “SVP”; methane-air mixture; ignition; spark; explosion-proof.

Введение. Соединение элементов арочной металлической крепи из спецпрофиля производится с помощью замковых устройств с использованием скоб с винтовой резьбой.

Взаимодействие поверхностей спецпрофилей при соединении их внахлестку с прижатием скобами характеризуется взаимным внедрением контактирующих неровностей на малую глубину и образованием адгезионных связей между элементами крепи. Этот процесс повторяется многократно, образуя периодические изменения тонких слоев трущихся поверхностей. Эти фрикционные контакты имеют весьма малую толщину [1].

При смещении элементов крепи происходит перекося соединительных хомутов, а, при наличии изгибающих моментов, усиливается деформация планки и скобы. В таких условиях сила удара оторванных элементов замкового соединения достаточна для травмирования людей (рис. 1).



Рис. 1. Деформация и отрыв планок замковых соединений АПЗ-030

Переко́с ско́б происходит под действием тангенциальных сил, что временно увеличивает затягивание в узле податливости с последующим «скачком» замковых соединений и ослаблением силы затяжки (рис. 2).



Рис. 2. Переко́с планок замковых соединений ЗПКм

Целью работы является исследование особенностей работы замковых соединений узла податливости металлической крепи из СВП.

Результаты исследований. Было произведено исследование работы замковых соединений на гидравлическом прессе ПГ-100А ЗИМ «Армовир» лаборатории строительных конструкций ГВУЗ «НГУ». Для этого использовались элементы крепи из СВП-27, скоба диаметром 26 мм и планки замков ЗШ-000 или ЗПКм. В процессе нагрузки производилась видеосъемка. Во время испытания элементов крепи на стендах отмечалось периодическое звуковое сопровождение трения в контактах податливого узла. Это являлось признаком перехода трения сцепления в кратковременное скольжение. Частота перехода сцепления в скольжение зависит от проявления усилия сжатия элементов крепи, величины тангенциальных сил и геометрических параметров замков крепи.

Учитывая, что поверхности элементов крепи не имеют необратимых изменений соприкасающихся поверхностей, можно утверждать, что при

кратковременном скольжении не возникают сильные локальные нагревы в местах контакта.

На круговой диаграмме результатов испытаний крепи на стенде ДонУГИ видно участок «А» смещений элементов крепи за счет взаимного трения и проскальзывания в узле податливости, и участок «Б» со «скачками» – срывами скоб при их перекосе (рис. 3).

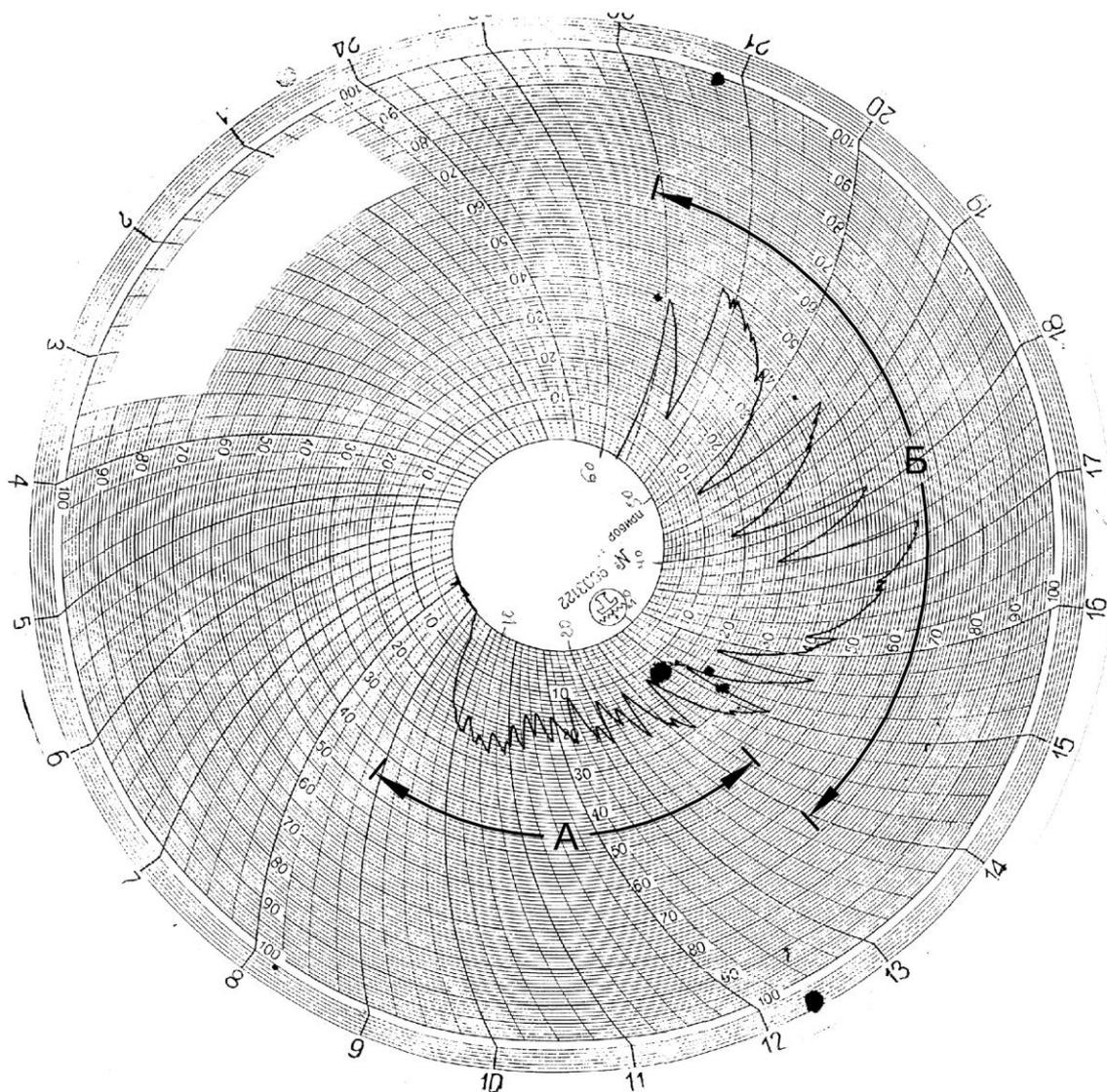


Рис. 3. Характерные участки характеристики работы крепи: А – участок смещения элементов крепи за счет трения и проскальзывания спецпрофиля; Б – участок со скачками скоб при их перекосе. Испытания на стенде ДонУГИ

Периодические скачки смещений и нагрузки вызваны изменением силы трения покоя – перед скольжением она становится диссипативной (рассеивающей энергию).

При испытаниях в лаборатории ГВУЗ «НГУ» периодический срыв скоб замковых соединений сопровождался локальным пластическим деформированием спецпрофиля и последующим отрывом части металла с высокой температурой (рис. 4).

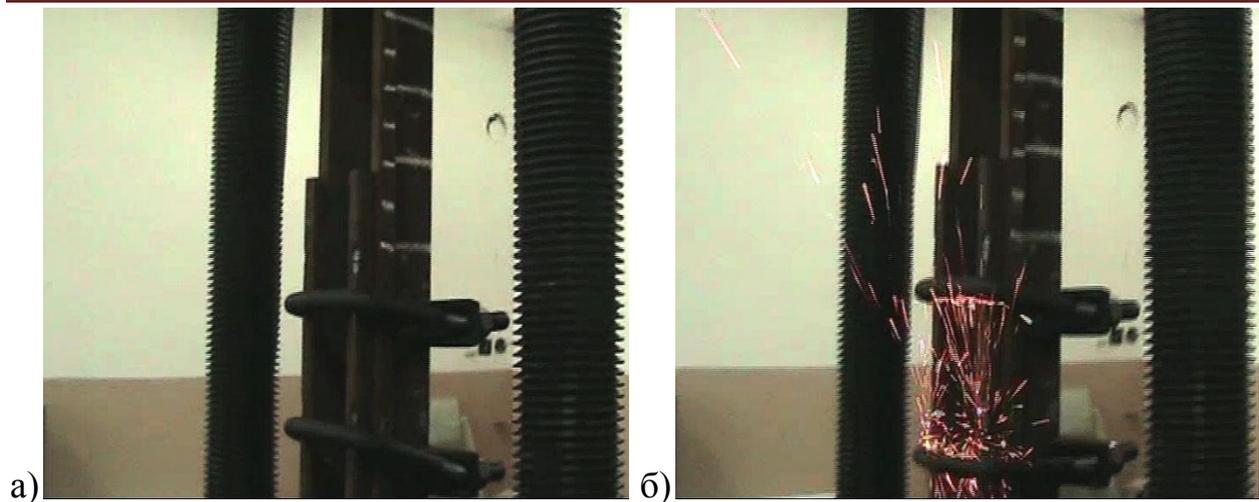


Рис. 4. Перекос нижней скобы (а) и искрообразование при ее резком срыве (б). Испытания на прессе ПГ-100А лаборатории строительных конструкций ГВУЗ «НГУ»

По образованию белых искр с радиусом разлета около 1 м, можно судить о температуре металла, превышающей 1000°C . В зоне контакта скобы с профилем концентрируется большое количество тепла, разогревая пятно металла до температуры $800\text{-}1200^{\circ}\text{C}$ с последующим его отрывом, который можно сравнить также и с ударом [2] (см. рис. 4).

Для температуры источника возгорания 1000°C время индукционного периода составляет около 0,15 секунд [3]. Время «жизни» фрикционной искры при испытаниях по результатам кадровой съемки составило 0,16-0,3 сек. Учитывая, что температура воспламенения метановоздушной смеси составляет $650\text{-}750^{\circ}\text{C}$ [3], резкое проскальзывание хомутов может быть источником её взрыва.

Подтверждением этого могут служить результаты исследования энергии источника зажигания стехиометрической смеси метан-воздух. В работах [4,5] установлено, что, даже при наличии флегматизирующей концентрации галлонов, она колеблется от 2 до 420 Дж. Расчет теплотворной способности 1 г металла при переходе из твердого состояния в жидкое показывает около 400 Дж.

При расследовании причин аварии на шахте «Комсомольская» ОАО «Воркутауголь» было установлено, что произошло образование метановоздушной смеси взрывчатой концентрации над металлической крепью, а резкое сдвижение пород привело к проскальзыванию элементов крепи в узле податливости с последующим возникновением температурного импульса [6].

Таким образом, конструкция замков с использованием скоб имеет нестабильную рабочую характеристику из-за протекания двух изменяющихся процессов при смещении элементов крепи: взаимного скольжения элементов крепи и резкого срыва скоб замков с последующим искрообразованием. Параметры искры достаточны для воспламенения и взрыва метановоздушной смеси.

Для решения проблемы искрообразования необходимо исключить перекося скоб при взаимном перемещении элементов крепл. Стендовыми испытаниями доказано, что этого можно достичь, применяя фиксирующую планку скобы замка податливости металлического крепления (рис. 5) [7].

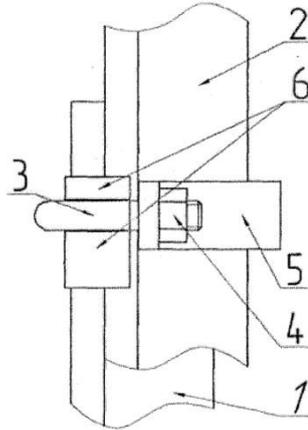


Рис. 5. Усовершенствованная конструкция замка податливости:
1, 2 – элементы спецпрофиля СВП; 3 – скоба; 4 – гайка; 5 – планка замка; 6 – фиксирующая планка

Рабочая характеристика испытания вертикальных стоек из профиля СВП-27 с замками ЗПКм и фиксирующими планками приведена на рис. 6.

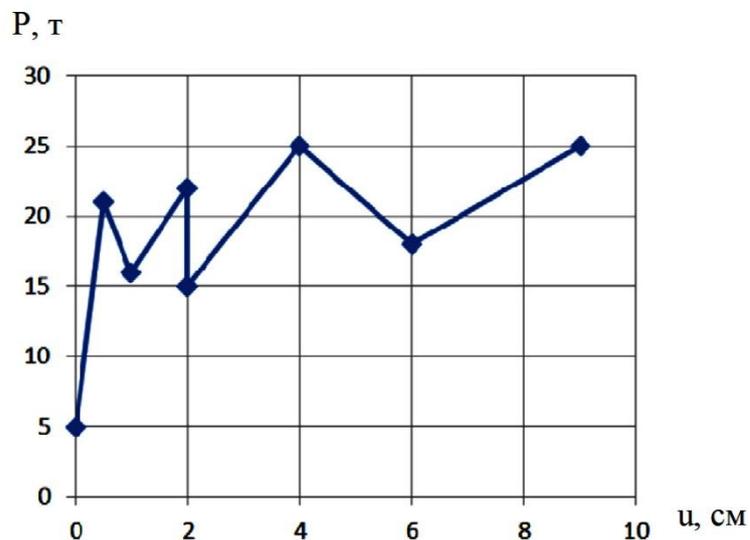


Рис. 6. Рабочая характеристика испытания вертикальных стоек с применением фиксирующей планки:
 P – нагрузка, т; u – смещение элементов, см

Видимого значительного перекося скоб при испытании работы замковых соединений с применением фиксирующей планки не наблюдалось. Среднее значение верхних пиков нагрузки в податливом режиме составляло 25 т

(≈ 250 кН). Такая рабочая характеристика несколько выше двух замков ЗЗД-20 [8].

При испытании арочной крепи вертикальными нагрузками [9], с учетом наклонного положения замковых соединений, можно ожидать несущую способность не менее 500 кН (50 т/арку).

Выводы

В результате исследований установлено появление искр, возникающих при работе замковых соединений узла податливости крепи из спецпрофиля СВП. Параметры искры достаточны для инициации воспламенения и взрыва метановоздушной смеси. Разработано техническое решение, исключающее перекося скоб, что позволяет улучшить динамическую характеристику работы крепи и уменьшить вероятность воспламенения метановоздушной смеси.

Список использованных источников

1. Крагельский, И.В. Трение и износ / И.В. Крагельский. – М.: «Машиностроение», 1968. – 480 с.
2. Стручалин, В.Г. Обеспечение пожаровзрывобезопасности котлов железнодорожных цистерн для перевозки легковоспламеняющихся и горючих жидкостей : дис.... канд. техн. наук: 05.26.03 / Стручалин Владимир Гайозович. – Москва: Моск. гос. ун-т путей сообщ., 2016. – 172 с.
3. Ушаков, К.З. Рудничная аэрология / К.З. Ушаков, А.С. Бурчаков, И.И. Медведев. – М.: «Недра», 1978. – 440 с.
4. Ботвенко, Д.В. Разработка методики оценки и классификации фрикционной опасности горных пород : дисс. ... канд. техн. наук : 05.26.03 / Ботвенко Денис Вячеславович. – Кемерово, 2004. – 147 с.
5. Лисочкин, Я.А. Влияние энергии источника зажигания на экспериментально определяемое значение минимальной флегматизирующей концентрации галоидоуглеводородов / Я.А. Лисочкин // Физика горения и взрывов, т.40. – №4, 2004. – с. 3-7
6. Денгис, В.Р. Ликвидация аварии на шахте «Комсомольская» ОАО «Воркутауголь» / В.Р. Денгис // Безопасность труда в промышленности. – 2007. – №12. – с. 20-25.
7. Пат. № 110404 UA, МПК E21D 11/22 (2006.01). Замок піддатливості металевого кріплення зі спецпрофілю / В.В. Вишневецкий, Ю.М. Халимендик, В.Ю. Халимендик; заявник і патентовласник В.В. Вишневецкий, Ю.М. Халимендик, В.Ю. Халимендик. – а 2014 03573; заявл. 12.10.2015, Бюл.№ 19; опубл. 25.12.2015, Бюл. № 24. – 5 с.
8. Курченко, Э.П. Исследование работоспособности узла податливости стойки усиления крепи / Э.П. Курченко, Б.Т. Тупиков, А.А. Сытник, А.А. Федористова // Уголь Украины. – 2002. – №9. – с. 26-28.
9. Компанец, В.Д. Оборудование и методика лабораторных испытаний

металлических рамных податливых крепей. / В.Д. Компанец, Ю.А. Шевелинда
// Технология обработки тонких угольных пластов на шахтах Донбасса. Сб.
научных статей. – Донецк: Дон УГИ. – 1988. – с. 130-136.

Статья поступила в редакцию 22.01.2017г.