УДК 622.647.2

Фомин А.И., доктор технических наук, профессор кафедры аэрологии, охраны труда и природы (ФГБО УВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово), Ушаков Е.Н., горный инженер, руководитель лаборатории неразрушающего контроля (ООО ЦПБ и НК, г. Кемерово)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА УСТРОЙСТВА УЛАВЛИВАНИЯ ЛЕНТЫ КОНВЕЙЕРА

COMPUTER SIMULATION USING THE FINITE ELEMENT METHOD OF THE DESIGN OF THE ACTUATING ELEMENT OF THE CONVEYOR BELT CAPTURE DEVICE

Аннотация

Проведено компьютерное моделирование моделей элементов скребков исполнительного органа с различными вариантами и углами заточки и определены усилия, при которых кромка заточенного скребка необратимо деформируется в месте контакта с конвейерной лентой. Установлено, что вариант заточки скребка исполнительного органа не оказывает существенного влияния на его прочность.

Abstract.

Computer modeling of models of elements of the scraper of the executive body with different options and angles of sharpening and determined the forces at which the edge of the sharpened scraper is irreversibly deformed at the point of contact with the conveyor belt. It is established that the option of sharpening the scraper of the executive body does not have a significant effect on its strength.

Ленточный конвейерный транспорт давно занял первое место, как способ доставки горной массы из шахты на поверхность. Конвейеризация шахт является приоритетным направлением их развития в сфере транспортировки горной массы.

Обрыв ленточного полотна конвейера не является редким явлением. К такому событию приводит множество причин и их совокупность: не удовлетворительное техническое состояние конвейера, чрезмерный износ ленточного полотна, нарушение сроков проведения технического обслуживания и др. В любом случае оборвавшееся ленточного полотно, если конвейер не оборудован ловителями, как правило скатывается вниз по конвейерному ставу, что приводит к значительному временному простою. Ловители минимизируют время на восстановление работоспособности конвейера, так как не дают ленте скатиться до самого низа и должны удержать ее в рамках става.

В угольных шахтах Кузбасса широкое распространение получила конструкция улавливающего устройства конвейерной ленты уклонных конвейеров, которая описана в патенте RU 2067070 C1 [1]. В качестве исполнительного органа (ИО) выступает планка, заточенная, с одной стороны, позиция 1 (рис.1).

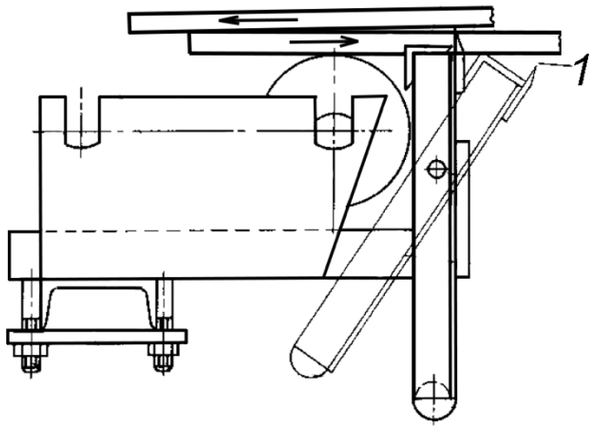

Рис.1. Устройство улавливания конвейерной ленты, в случае ее обрыва, в соответствии с патентом RU 2067070 C1

Существенным недостатком устройства улавливания конвейерной ленты, в случае ее обрыва, в соответствии с патентом RU 2067070 C1, является его неспособность улавливание конвейерной ленты, в случае ее обрыва, на бремсберговых ленточных конвейерах. При этом сама идея улавливания оборвавшейся конвейерной ленты при помощи ее контакта с заточенным исполнительным органом ловителя является перспективной.

Улавливание конвейерной ленты при ее обрыве на бремсберговом ленточном конвейере является процессом более сложным, по сравнению улавливанием конвейерной ленты на уклонном конвейере, в связи с тем, что ловителю приходиться не просто удержать конвейерную ленту от скатывания ее вниз по ставу, но и предварительно гасить значительную энергию движущейся конвейерной ленты с грузом.

Желобчатая форма исполнительного органа будет создавать большее сопротивление в месте контакта ее с конвейерной лентой. При этом длину зоны контакта желобчатого ИО с лентой необходимо ограничить на уровень 0,9 от ширины конвейерной ленты. Такое решение обязательно, чтобы исключить травму человека при возможном смещении ленты в сторону при скатывании.

Результатом развития и совершенствования конструкции является патент на полезную модель №108803 «Тормозная станция для остановки оборвавшейся конвейерной ленты от скатывания на уклонных и бремсберговых конвейерах» [2].

Единичные исполнительные органы имеют форму рабочего профиля ленты и установлены на оси, при этом не находятся в постоянном контакте с конвейерной лентой и в режиме ожидания обрыва свободно лежат на упорах. В случае обрыва конвейерной ленты именно единичные ИО воспринимают всю нагрузку, возникающую при улавливании ленточного полотна (с грузом и людьми). Так как конструкция является универсальной и может применяться для работы на уклонных и бремсберговых конвейерах, то прочность конструкции должна быть рассчитана на бремсберговый режим, потому что при нем возникают значительно большие нагрузки не только на контактирующие с конвейерной лентой элементы исполнительного органа, но и на конструкцию ИО в целом. Невозможно допустить, чтобы при срабатывании улавливающего устройства, происходили повреждения и нарушения целостности конструкции исполнительного органа и контактирующих с конвейерной лентой элементов. Выход из строя отдельных тормозных элементов может привести к нарушению

работы ловителя в целом, что приведет к значительным затратам на восстановительный ремонт, а, если осуществлялась перевозка людей при работе ленточного конвейера, то и к возможным негативным для них последствиям.

Прочность конструкции тормозных элементов ловителя конвейерной ленты бремсбергового ленточного конвейера критически важна. Конструкция должна обеспечивать надежное улавливание конвейерной ленты при максимальном уровне загрузке конвейера и эксплуатации его на максимально допустимых углах установки в горных выработках.

Определить прочность конструкции единичного исполнительного органа можно двумя способами: изготовить натурный образец и имитировать, возникающие при улавливании конвейерной ленты нагрузки либо воспользоваться современными программными комплексами для проведения компьютерного моделирования. Первый вариант, конечно, будет более приближен к реальности, но следует учесть, сложность приложения усилия в конкретные интересующие точки, качество изготовления конструкции (человеческий фактор) и такой важный аспект как дороговизна. Компьютерное моделирование имеет преимущества перед натурным образцом, в том, что дает возможность моделировать сколь угодно много вариантов конструктивных решений и прилагать к ним интересующие нагрузки, как по величине, так и по направлению.

Перед проведением моделирования конструкции единичного исполнительного органа определим, что изменяющимся параметром при приложении нагрузки будут направление заточки скребка, который непосредственной будет контактировать с конвейерной лентой и угол, на который необходимо его заточить. Желобчатый скребок будет непосредственно контактировать с оборвавщейся конвейерной лентой и через него нагрузка будет передаваться дальше на всю конструкцию тормозного элемента.

Направление заточка скребка ИО и угол представляют интерес для изучения, необходимо исследовать оказывает ли направление заточки влияние на конструкцию в целом и какие углы заточки можно применять исходя из прочностных характеристик скребка ИО.

Рассмотрим следующие способы заточки скребка ИО (рис.2):

1) Вариант 1 – заточка скребка ИО со стороны движения оборвавшейся ленты.
2) Вариант 2 – заточка скребка ИО со стороны, противоположной стороне движения оборвавшейся ленты.
3) Вариант 3 – двухсторонняя заточка скребка ИО (с одинаковым углом с каждой стороны).

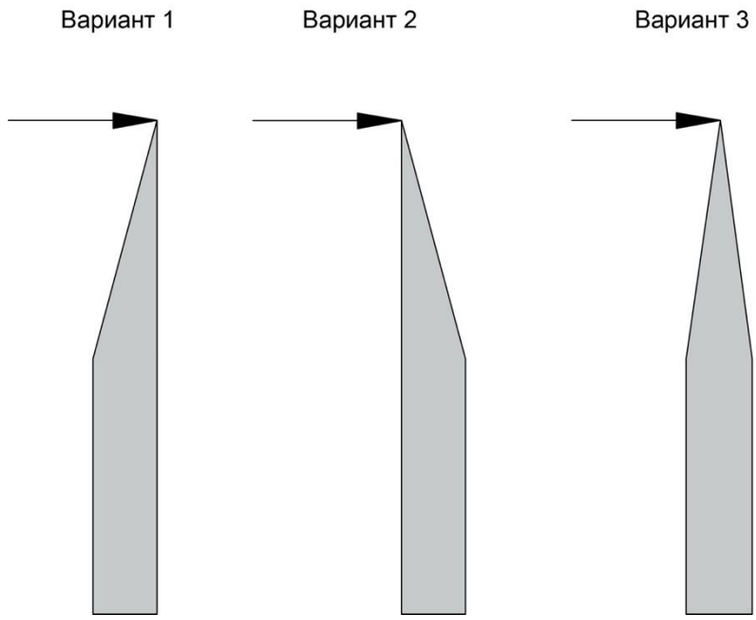

Рис.2. Варианты заточки скребка исполнительного органа устройства улавливания ленты конвейера (стрелкой показано направления движения, оборвавшейся конвейерной ленты)

Угол заточки – это угол между плоскостями заточенной части скребка ИО, сходящимися после его заточки. Исследуемый угол заточки скребка примем в диапазоне от 6^0 до 30^0.

Для определения характера поведения конструкции ИО ловителя с различными направлениями и углами заточки, проведено исследование с помощью моделирования методом конечных элементов программным комплексом Ansys Workbench.

Результаты моделирование элемента заточенного скребка ИО в программном комплексе Ansys Workbench

Для изучения величины усилия, при котором кромка заточенного скребка пластически деформируется в месте контакта с конвейерной лентой, и визуализации этого процесса, при помощи программного комплекса Ansys Workbench построена модель элементов заточенных скребков ИО с тремя вариантами заточки, в соответствии с рисунком 2.

Для построения модели предварительно необходимо определиться с исходными данными. Принято решение изучить напряженно-деформируемое состояние скребков на примере их отдельных элементов. В качестве отдельного элемента выбран участок скребка со следующими характеристиками:

1 Высота элемента составляет 200 мм. Размер выбран из условия, чтобы возможно было конструктивно обеспечить заточку элемента на угол от 6^0. При меньшей длине, на малых углах заточки не остается плоскости, которую необходимо фиксировать в качестве опоры при моделировании.

2 Длина элемента составляет 100 мм. Такой размер хорошо подходит для приведения значения получаемого усилия к 1 мм длины скребка. А также наглядности изменения прилагаемого усилия в зависимости от угла заточки скребка.

3 Ширина (толщина) элемента составляет 20 мм. Этот размер выбран для обеспечения прочности и исключения влияния изгиба элемента под действием нагрузки.

4 Углы заточки элементов изменялись от 6^0 до 30^0.

5 Характеристики материала элементов скребка соответствуют Сталь 3.

Моделирование проводилось при следующих условиях:

1 Нагружение элементов скребка происходило в статическом режиме.

2 При построении модели для расчета методом конечных элементов, нагрузка от предполагаемой конвейерной ленты прикладывалась на расстоянии 1 мм от вершины угла заточки и по всей длине элемента скребка, имитируя погружение ИО в обкладочную резину конвейерной ленты от нагрузки.

3 Конечно-элементная сетка моделировалась объемными трехмерными конечными элементами в форме призм и тетраэдров.

4 Определялся параметр Safety Factor (предел прочности) при заданном направленном усилии (Force).

На рисунках 3, 4, 5 в качестве примера представлены модели заточенных элементов скребков с углом заточки 20^0 с вариантами заточки 1, 2 и 3 соответственно.

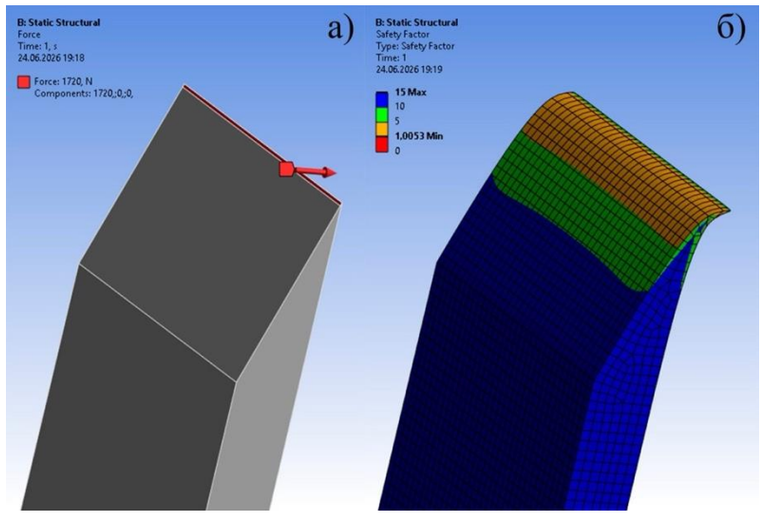

Рис.3. а) Модель элемента ИО при варианте заточки 1 с указание направления действующего усилия; б) пример характерного направления деформации элемента ИО от воздействующей нагрузки при варианте заточки 1

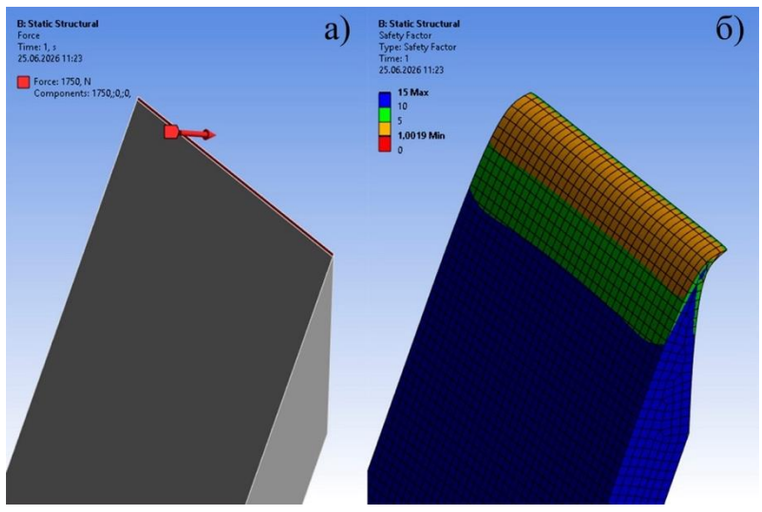

Рис.4. а) Модель элемента ИО при варианте заточки 2 с указание направления действующего усилия; б) пример характерного направления деформации элемента ИО от воздействующей нагрузки при варианте заточки 2

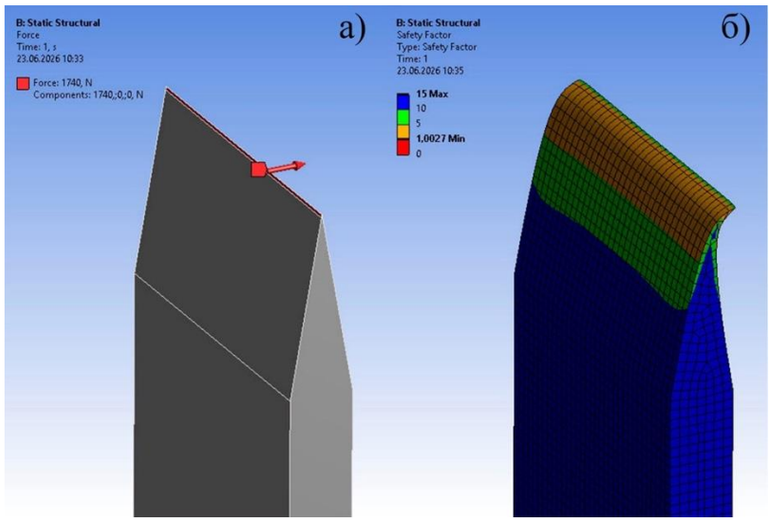

Рис.5. а) Модель элемента ИО при варианте заточки 3 с указание направления действующего усилия; б) пример характерного направления деформации элемента ИО от воздействующей нагрузки при варианте заточки 3

В результате моделирования для каждой модели было определено максимальное усилие, которое приближало запас прочности кромки заточки элемента к единице. Снижение запаса прочности менее единицы, означает начало пластических деформаций металла скребка, что не должно происходить при нормальной работе улавливающего устройства, так как это будет снижать коэффициент сопротивления движению конвейерной ленты. При пластической деформации кромка в месте заточки фактически превращается в кромку с неким радиусом, поэтому установление минимального возможного угла заточки скребка столь важно для безопасной работы улавливающего устройства.

Максимальное усилие, при воздействии которого запас прочности кромки заточки элемента стремился к единице составило:

1) При варианте 1 заточки скребка ИО усилие, воздействующее на элемент скребка ИО, изменялось в диапазоне от 155 Н до 3750 Н (рис.6).
2) При варианте 2 заточки скребка ИО усилие, воздействующее на элемент скребка ИО, изменялось в диапазоне от 157 Н до 3700 Н (рис.6).
3) При варианте 3 заточки скребка ИО усилие, воздействующее на элемент скребка ИО, изменялось в диапазоне от 155 Н до 3680 Н (рис.6).

На рисунке 6 представлен сравнительный график зависимости усилия, при котором достигается предел прочности, равным единице, элемента скребка ИО в районе заточенной кромки, от угла заточки. На графике нанесены кривые трех вариантов заточки.

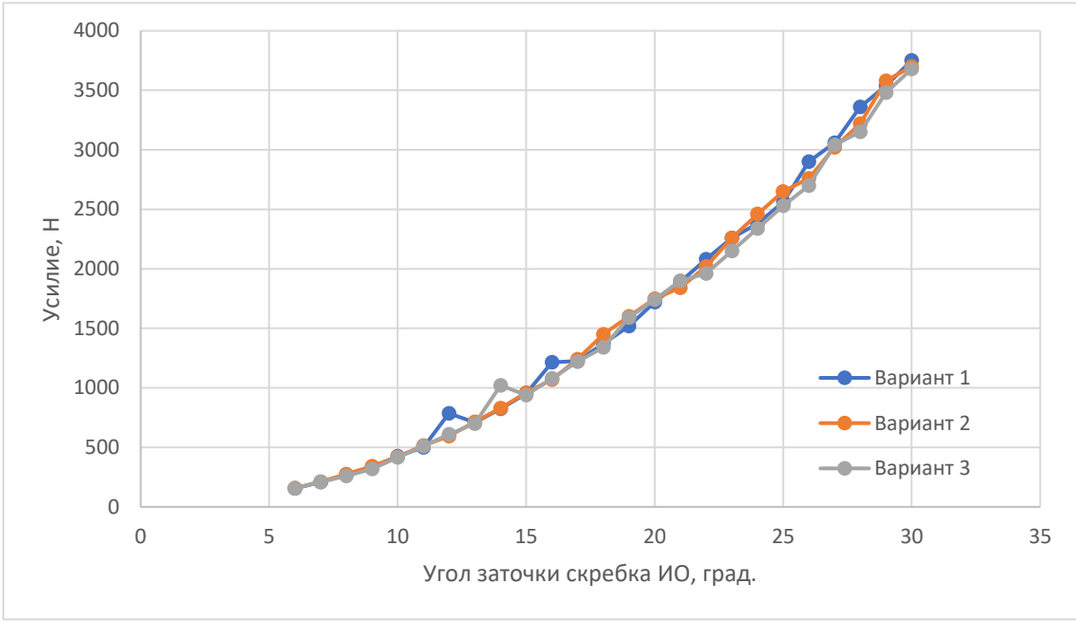

Рис.6. Сравнительный график зависимости усилия, при котором достигается предел прочности элемента ИО равным 1, от угла заточки всех трех вариантов

Анализируя полученные в результате моделирования данные (рис.6) можно увидеть, что значения усилия при одинаковых углах заточки скребков очень близки и графики зависимости усилия от угла заточки практически накладываются друг на друга. Следовательно направление заточки практически не оказывает никакого влияния на прочность скребка. А вот при возрастании угла заточки, увеличивается и усилие, при котором достигается предел прочности элемента скребка ИО равный единице.

В результате использования современных способов компьютерного моделирования методом конечных элементов конструкции элементов улавливающего устройства конвейерной ленты были получены модели, с различными вариантами заточки скребка ИО, а также различными углами его заточки. Такой способ позволяет получить множество данных о поведении конструкции под нагрузкой для последующего анализа.

Список литературы:

1. Герасимов Г.К., Ещеркин А.В., Чернов Р.И. Восточный научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности. №RU 2067070 C1, МПК B65G43/06. 94018354/03; Заявл. 19.05.94; Опубл. 20.11.01, Бюл. №32.

2. Ещеркин А.В., Копытин В.А., Ушаков Е.Н. Тормозная станция для остановки оборвавшейся конвейерной ленты от скатывания на уклонных и бремсберговых конвейерах. Патент на полезную модель №108803, 2011109579, 27.09.2011.

3. Галкин В.И., Дмитриев В.Г., Дьяченко В.П., Запенин И.В., Шешко Е.Е. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий. М.: Издательство МГГУ. 2005.

4. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. М.: Машиностроение, 1983 г.

5. Тарасов Ю.Д. Транспортные машины непрерывного действия. С.-Пб.: Санкт-Петербургский горный институт, 2009.

6. Тарасов Ю.Д., Федоров Ф.В. Перспективы совершенствования технических средств для улавливания лент уклонных и бремсберговых конвейеров // Записки Горного института. 2008. Т.178. С. 95-101.

7. Шахмейстер Л.Г., Ляшкевич П.А., Фохтин В.Г. Ловители для наклонных ленточных конвейеров: брошюра М.: Министерство угольной промышленности СССР, 1972.