

УДК 622.678.5

А. И. ЕВДОКИМОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ДЛЯ
ИСПЫТАНИЯ ПАРАШЮТНЫХ УСТРОЙСТВ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ
УСТАНОВОК**

В статье представлены расчеты перекрытий ствола шахты, которые можно использовать при проведении ремонтных работ в стволе шахтного подъема, при смене-навеске подъемных сосудов и канатов, при испытании шахтных парашютов. Основными элементами предохранительного перекрытия являются несущая конструкция и амортизирующая подушка. В данном случае амортизирующую подушку рекомендуется выполнять в виде деревянного костра, состоящего из нескольких слоев деревянных брусьев, расположенных крестообразно.

шахтный подъем, подъемная машина, несущая конструкция, амортизирующая подушка, предохранительное перекрытие, шахтный ствол

При проведении ремонтных работ в стволе шахты, при смене подъемных сосудов и канатов, при испытании шахтных парашютов возникает опасность падения подъемного сосуда в ствол шахтного подъема. Для предотвращения такого падения у устья ствола шахты сооружают предохранительные перекрытия. Основными элементами перекрытия являются несущая конструкция и амортизирующая подушка.

Проведенные исследования при абсолютно жестком ударе падающей клетки с высоты 1,5–2,0 м показали, что в деталях несущей конструкции перекрытия и клетки возникают напряжения, превышающие предел прочности материала. В связи с этим роль гасителя кинетической энергии клетки должна выполнять амортизирующая подушка, расположенная на несущей конструкции перекрытия. Конструктивно амортизирующая подушка может быть самой разнообразной формы, однако ее податливость должна быть максимально возможной.

В данном случае амортизирующую подушку рекомендуется выполнять в виде деревянного костра, состоящего из нескольких слоев брусьев, расположенных крестообразно. При такой конструкции податливость амортизирующей подушки зависит от количества слоев деревянных брусьев и от их площади смятия. Высота амортизирующего костра устанавливается конструктивно: в данном случае рекомендуется принимать высоту костра не более 1 м, а костер выкладывать деревянными брусьями квадратного сечения.

Как показали исследования, конструкция перекрытия не обеспечивает условия безопасности, если она воспринимает падающий груз как сосредоточенную нагрузку. В связи с этим амортизирующую подушку необходимо проектировать таким образом, чтобы передающееся через нее усилие от падающей клетки было распределено по всей площади несущей конструкции. Расчетные параметры балок несущей конструкции перекрытия рекомендуется определить по такой методике.

Так как энергия падающей клетки при ударе о перекрытие превращается в потенциальную энергию сжатия древесины, то максимальное усилие на перекрытие определяется по такому соотношению [1]:

$$Q_{\max} = \frac{4P_{\text{кл}} h}{l_0}, \quad (1)$$

где $P_{\text{кл}}$ – вес падающей клетки;

h – высота падения клетки;

l_0 – начальная высота амортизирующего костра, задаваемая конструктивно.

Используя соотношение (1), определяем давление на несущую конструкцию перекрытия от ударной нагрузки.

$$q = \frac{Q_{\max}}{S}, \quad (2)$$

где S – площадь перекрытия, на которую действует Q_{\max} .

Q_{\max} – максимальное усилие, которое падающая клетка оказывает на площадь перекрытия.

Нагрузка, действующая на единицу длины балки, определяется по такому соотношению:

$$p = qb, \quad (3)$$

где b – ширина двутавровой балки несущей конструкции перекрытия;

p – нагрузка, действующая на единицу длины балки.

Изгибающий момент при таком нагружении балки можно определить по такой зависимости [2]:

$$M_{\text{изг}} = \frac{Pl^2}{8}, \quad (4)$$

где $M_{\text{изг}}$ – изгибающий момент балки конструкции перекрытия;

l – длина балки несущей конструкции.

Определив изгибающий момент, можно определить момент сопротивления балки по такой зависимости

$$W = \frac{M_{\text{изг}}}{\sigma_u}, \quad (5)$$

где σ_u – допустимое напряжение в сечении балки при изгибе;

W – момент сопротивления балки конструкции.

В качестве допустимого напряжения в балке принимается предел прочности или предел текучести материала с соответствующим запасом прочности [2]. Как показывает проходка при строительстве шахтных стволов, в качестве допустимого напряжения в балках несущей конструкции принимается предел текучести материала. Определив по формуле (5) значение необходимого сопротивления балки, можно установить количество слоев балок в перекрытии. Целесообразно расчет производить таким образом, чтобы в несущей конструкции перекрытия был запроектирован один слой балок при их сплошной укладке по всему сечению ствола шахты.

Чтобы установить количество слоев древесины в амортизирующей подушке, необходимо определить площадь смятия всех брусьев костра [2]:

$$F = \frac{2P_{\text{кл}}h}{El_0d_g}, \quad (6)$$

где E – модуль сжатия древесины поперек волокон;

d_g – допустимый коэффициент усадки древесины.

В качестве примера выполним расчет перекрытия шахтного ствола по предлагаемой методике для конкретных данных подъемной установки: $P_{\text{кл}} = 200$ кН; $\sigma_u = 210\,000$ кН/м²; $E = 20\,000$ кН/м²; $h = 2$ м; $l_0 = 0,6$ м; $l = 6$ м; $d_g = 0,7$.

По соотношению (6) площадь смятия древесины амортизирующей подушки $F = 0,095$ м². Деревянные брусья из лиственницы квадратного сечения с длиной стороны 0,1 м.

Зная общую площадь смятия древесины и площадь одного сечения, получаем 9,5 площадок смятия (для расчета принимаем 9). Это значит, что в одном слое амортизирующей подушки необходимо располагать 3 бруска лиственницы. Так как высота амортизирующего костра равна 0,6 м, то количество слоев будет равно 6. При укладке брусьев каждый слой должен располагаться таким образом, чтобы площадки смятия каждого слоя располагались на одной вертикальной прямой. Брусья рекомендуется скреплять между собой крепежными скобами.

Используя формулы (1)–(5), получим: $Q_{\max} = 2\,660$ кН; $q = 188$ кН/м²; $p = 23,3$ кН/м; $M_{\text{изг}} = 119$ кН·м; $W = 0,000565$ м³ = 565 см³.

Расчеты были приведены для двутавровой балки № 33.

Таким образом, по расчетным данным при падении клетки весом 200 кН с высоты 2 м необходимо соорудить несущую конструкцию из одного сплошного слоя двутавровых балок тридцать третьего номера с амортизирующей подушкой, расположенной на несущей конструкции и состоящей из шести слоев деревянных брусков из лиственницы.

Проведенными исследованиями было установлено, что нагрузка на несущую конструкцию перекрытия значительно уменьшается при подпружиненных фундаментах перекрытия. Выбирая расчетным путем жесткость пружины, можно значительно увеличить запас прочности элементов конструкции перекрытия и повысить безопасность подъемной установки.

Разработанная методика предусматривает расчет энергоемкости гасящих приемников и не выходит на определение прочностных характеристик деталей энергогасящего устройства. В основу методики расчета положены законы и теоремы теоретической и прикладной механики, выражающие содержание физических процессов ударных нагрузок и их воздействия на специальные приемные устройства.

Следует отметить, что в настоящее время явление удара рассматривается как на основе принципов классической механики Ньютона, так и на основе положения теории упругости Сен-Венана, которые в принципе не совместимы. Однако в зависимости от условий задачи возможно применение и той и другой теории; при этом исследователи получают достаточно удовлетворительные результаты.

Основное направление исследований явления удара проводится для соударяющихся тел, которые после удара получают некоторые скорости. В меньшей степени рассматриваются случаи удара тела конечной массы по несвободному твердому телу (неподвижному после удара) с различными деформационными свойствами (жесткому, упругому, пластичному).

В предложенной методике явление удара рассматривается на основе классической механики Ньютона, т.е. применяется приближенная теория расчета на удар, которая дает удовлетворительные результаты (ошибка не превышает 8–10%).

Энергогасящее устройство, проектируемое для улавливания подъемного сосуда в аварийной ситуации, т.е. при обрыве подъемного каната, должно представлять собой комплекс конструкций, назначение которых можно разделить на основное, полностью гасящее энергию падающего сосуда, и резервное (страхующее) для обеспечения надежности работы всего энергогасящего комплекса.

Одним из возможных проектных вариантов может быть комплекс, состоящий из основного резинокросового гасителя, изготавливаемого в виде «корзин», резинокросовые ленты которых своими концами закрепляются в специальных «башмаках» и которые перекрывают шахтный ствол таким образом, что падающий сосуд не может продолжать свое движение и все ударные нагрузки передает резинокросовым лентам.

Взаимное расположение лент, их качество, длина и прочность должны быть такими, чтобы они могли надежно гасить кинетическую энергию падающего подъемного сосуда, т.е. они полностью должны обеспечить улавливание оборвавшегося подъемного сосуда.

Однако непредвиденные обстоятельства, которые заранее учесть невозможно (например, появление острых режущих кромок у падающего сосуда, колебание сосуда вокруг своего центра масс, что создает приращение кинетической энергии, неопределенность контакта подъемного сосуда и резинокросовой ленты и т.д.), могут создать такие ситуации, при которых подъемный сосуд может оборвать резинокросовые ленты и уже с небольшой скоростью продолжать свое движение в стволе шахтного подъема.

В этом случае для исключения дальнейшего движения сосуда необходимо предусмотреть не менее двух резервных гасителей энергии, которые должны обеспечить поглощение ее не менее 20–30% общей кинетической энергии падающего сосуда.

ВЫВОДЫ

1. Анализ проведенных исследований показал, что обеспечить необходимый запас прочности предохранительного перекрытия ствола шахты невозможно без гасителя энергии падающей клетки – амортизирующего устройства.

2. Предлагаемый метод расчета амортизирующего устройства перекрытия ствола шахты можно рассматривать при разработке рабочей методики расчета перекрытия. Окончательный вариант методики расчета предохранительного перекрытия ствола шахты может быть разработан после проведения промышленных испытаний экспериментальных образцов.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Беляев, Н. М. Сопротивление материалов [Текст] / Н. М. Беляев. – 9-е изд. – М. : Гостехиздат, 1954. – 856 с.
2. Писаренко, Г. С. Справочник по сопротивлению материалов [Текст] / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – Киев : Наукова думка, 1975. – 704 с.
3. Бутенин, Н. В. Теория колебаний [Текст] / Н. В. Бутенин. – М. : Высшая школа, 1998. – 187 с.
4. Пановко, Я. Г. Устойчивость и колебания упругих систем [Текст] / Я. Г. Пановко, И. И. Губанова. – М. : Наука, 1996. – 205 с.
5. Яблонский, А. А. Курс теории колебаний [Текст] / А. А. Яблонский, С. С. Норейко. – М. : Высшая школа, 1998. – 200 с.

Получено 09.10.2014

А. І. ЄВДОКИМОВ ДО МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ЗАПОБІЖНОГО ПЕРЕКРИТТЯ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ПАРАШУТНИХ ОБЛАДНАНЬ ШАХТНИХ ПІДЙОМНИХ УСТАНОВОК

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті наведені розрахунки перекриття ствола шахти, які можна використовувати при проведенні ремонтних робіт у стволі шахтного підйому, при заміні підйомних посудин і канатів, при проведенні перевірки надійності експлуатації шахтних парашутів. Основними елементами запобіжного перекриття є основна конструкція, яка затримує при падінні підйомний вантаж, та амортизаційна подушка. У даному випадку амортизаційну подушку рекомендується виконувати у вигляді дерев'яного багаття, яке складається із декількох дерев'яних рядів.

шахтний підйом, підйомна машина, амортизаційна прибудова, шахтний ствол, запобіжне перекриття, запас міцності підйомного каната

ANATOLII YEVDOKIMOV THE CALCULATING METHODOLOGY OF THE SAFETY OVERLAPPING FOR TESTING SAFETY GEAR EQUIPMENT OF MINE HOISTING SYSTEMS Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Calculations of mine shaft overlapping are presented in article. They can be used for maintenance work in mine shaft hoisting when it is needed to change conveyances and ropes, and also at testing of safety gear. The main elements of the safety overlapping are supporting structure and cushioned cap. It is recommended to execute a cushioned cap in the form of wood chock which consists of several layers of the crosswisely located wooden beams. It is recommended to execute the supporting structure which takes the main load during the conveyance fall, in the form of several layers of I-beams.

safety gear, supporting structure, cushioned cap, conveyance

Євдокимов Анатолій Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: безпечна експлуатація шахтних підйомних установок.

Євдокимов Анатолій Іванович – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной механики Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: безопасная эксплуатация шахтных подъемных установок.

Yevdokimov Anatolii – PhD (Eng.), Associate Professor, Theoretical and Applied Mechanics Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: safe operation of mine hoisting systems.