

УДК 622. 673. 1

**ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ “АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ КЛЕТЬ – ЖЕСТКАЯ АРМИРОВКА” ДЛЯ ПЕРЕДВИЖНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ**

Самуся В.И., докт. техн. наук, проф., Торба Е.П., ассистент,  
Национальный горный университет

*Проведены численные эксперименты динамического взаимодействия системы “аварийно-спасательная клеть – жесткая армировка”, с целью подбора рациональных параметров направляющих скольжения клетки следящего типа.*

*The numeral experiments of dynamic interaction of the system “rescue vessel – rigid reinforcement”, with the target of selection of rational parameters of paws of sliding of vessel of type of watching.*

***Проблема и ее связь с научными задачами.***

В Национальном горном университете разработана передвижная подъемная установка АСПТУ – 6,3, предназначенная для спуска-подъема людей, материалов и оборудования при аварийно-спасательных работах в глубоких шахтах. Эта установка комплектуется специальной универсальной клетью на 8 – 10 человек, а также дополнительными направляющими шкивами с навесным оборудованием для их закрепления над аварийным стволом. Указанная клеть используется в качестве подъемного сосуда для эвакуации людей из застрявшего в армировке ствола или зависшего в нем при отказе подъемной машины сосуда, а также для доступа к сосуду для выяснения причины аварии и определения мероприятий для ее последующей ликвидации.

Конструкция аварийно-спасательной клетки должна учитывать многообразие объемно-планировочных, конструктивных и функциональных особенностей подъемных комплексов стволов, в которых может потребоваться ее применение. Также конструкция аварийно-спасательной клетки должна обеспечивать возможность быстрой перенастройки габаритного размера направляющих клетки под заданное сечение ствола и тип армировки для проведения аварийно-спасательных работ независимо от типа ствола и направляющих проводников [1].

Для обеспечения универсальности и безопасности использования клетки при аварийных ситуациях в шахтных стволах необходимо проанализировать факторы, которые могут оказать значительное влияние на беспрепятственное передвижение клетки в направляющих проводниках ствола шахты при ведении спасательных работ.

*Анализ исследований и публикаций.*

В процессе работы клеть передвигается по паре проводников, контактируя с ними направляющими скольжения (лапы для жестких и муфты для канатных проводников). Направляющие скольжения, жестко закрепленные на клетке, плотно охватывают проводники. По проекту строительства ствола пара проводников должна находиться в строго вертикальной плоскости. В процессе эксплуатации шахты профиль проводников деформируется, ширина колеи проводников может изменяться под влиянием горного давления, под воздействием ударов подъемных сосудов о стыки и неровности проводников. Отклонения проводников от вертикали происходят как в лобовом, так и боковом направлениях.

Плавный ход подъемного сосуда, движущегося в вертикальном направлении между проводниками, зависит от точности их навески. Когда проводники находятся в хорошем состоянии и установлены вертикально, подъемный сосуд имеет незначительные горизонтальные колебания и его ход даже при возрастании скорости движения и веса груза остается плавным. Колебания в горизонтальной плоскости являются в первую очередь следствием отклонения проводника от вертикали [2].

Статистические исследования характера и диапазонов искривлений проводников действующих шахт, проведенные по данным профильных съемок положения проводников в стволе показали, что в реальных эксплуатационных условиях наблюдаются отклонения проводников от вертикали до 60 мм на коротких участках ствола.

Если предельные параметры ширины колеи в боковой плоскости проводников или лобовые отклонения проводников от вертикали на расстоянии, равном высоте сосуда выходят за пределы внутренних рабочих поверхностей направляющих лап скольжения сосуда, то неизбежно произойдет его заклинивание при движении на любой скорости. Для исключения этого явления целесообразно применение направляющих лап следящего типа, каждая из которых упруго закреплена относительно корпуса сосуда, как в лобовой, так и в боковой плоскостях [3].



**Постановка задачі.**

Для определения рациональных параметров упругой подвески, граничных значений допустимых смещений каждой из лап необходимо решить задачу численного моделирования динамического взаимодействия аварийно - спасательной клетки шахтной подъемной установки с проводниками жесткой армировки в широкой выборке данных с фактически встречающимися экстремальными параметрами пространственного искривления профиля проводников, полученных путем прямых инструментальных маркшейдерских измерений в действующих стволах с представительными условиями.

**Изложение материала и результаты.**

На основе разработанной в работе [4] математической модели взаимодействия аварийно-спасательной клетки, снабженной направляющими скольжения следящего типа, с жесткими проводниками армировки были проведены численные эксперименты с помощью программы, реализующей данную модель.

В процессе численных экспериментов варьировались параметры жесткости направляющих узлов клетки, с целью подбора рациональных значений жесткости, обеспечивающих плавное, беспрепятственное движение клетки по проводникам, с учетом их искривленности в пространстве.

Подъемный сосуд передвигается по паре проводников в плоскости, которая по проекту строго вертикальна. Вследствие отклонения проводников от вертикали, она деформируется в пространстве и превращается в связанную с ними "поверхность движения", которая на разных локальных участках ствола, имеет различные формы искривленности в пространстве. Участки проводников, геометрическая форма которых является источником повышенных динамических воздействий со стороны подъемных сосудов, характеризуется значениями определенных параметров "поверхности движения". Величина контактных усилий главным образом характеризуется плавностью движения сосуда по проводникам, которая зависит от смещения проводников от вертикали на смежных ярусах и от величины угла отклонения поверхности движения от проектного вертикального положения [5].

Как показывает опыт эксплуатации шахтного подъема, значительные изменения формы искривленности "поверхности движения" в пространстве могут привести к застреванию клетки, что недопустимо при ведении аварийно-спасательных работ. Поэтому требуется по-

добрать конструкцию направляющих узлов аварийно-спасательной клетки, которые позволят избежать этого.

Разработанная математическая модель и реализующая ее программа позволяют провести численные эксперименты по подбору рациональных параметров данной конструкции направляющих узлов клетки.

Как видно из графиков, представленных на рис. 1, при жестких направляющих узлах, на 25-м ярусе ствола происходит застревание клетки при движении вниз, так в этом месте сила вертикального трения между направляющими и проводниками становится равной весу клетки.

Физически этот процесс объясняется следующим.

Клеть движется с постоянной вертикальной скоростью по проводникам ствола, имеющим значительные пространственные искривления. Ширина колеи проводников меняет свое значение по глубине ствола (превышает расстояние между направляющими скольжения клетки или принимает значение меньше этого расстояния). Конструкция с жесткими направляющими скольжения не позволяет учесть непараллельность проводников в пространстве.

Так как сила трения между направляющими скольжения и проводниками прямопропорциональна жесткости направляющих, в конструкции с жесткими направляющими скольжения возникает большая сила трения, превышающая вес клетки, приводящая к ее остановке. Таким образом, это является обоснованием выбора конструкции направляющих скольжения клетки следящего типа. Параметрами этой конструкции, отвечающими за их упругость, являются жесткости упругих элементов направляющих узлов клетки. Численное моделирование процесса движения клетки по искривленным проводникам позволяет подобрать их рациональные значения.

Кроме проблемы застревания клетки в проводниках армировки ствола, также важным фактором является плавность движения клетки по проводникам армировки, то есть движение с малыми горизонтальными колебаниями сосуда.

На рис. 2 приведен пример моделирования динамического взаимодействия аварийно - спасательной клетки с проводниками жесткой армировки в условиях клетового отделения ствола шахты им. Свердлова ГХК "Свердловантрацит".



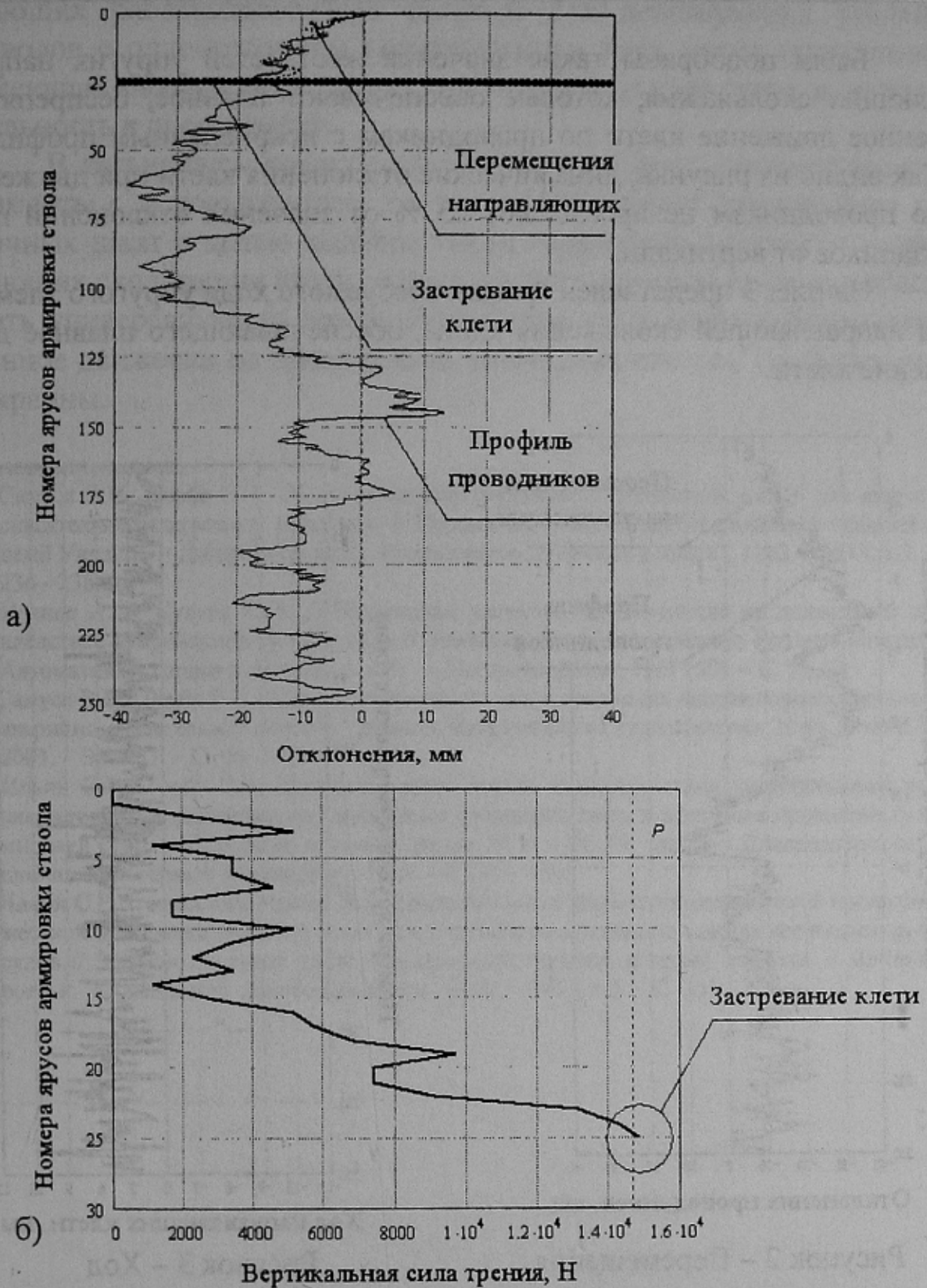


Рисунок 1 – Динамика системы “клеть – жесткая армировка”, с учетом искривленности профиля проводников: а – перемещения направляющих скольжения клетки; б – вертикальная сила трения между направляющими и проводниками

Были подобраны такие значения жесткостей упругих направляющих скольжения, которые обеспечивают плавное, беспрепятственное движение клетки по проводникам с искривленным профилем. Как видно из рисунка, динамические отклонения клетки при движении по проводникам не превышают 25 % от значений отклонений проводников от вертикали.

На рис. 3 представлен график требуемого хода упругого элемента направляющей скольжения клетки, обеспечивающего плавное движение клетки.

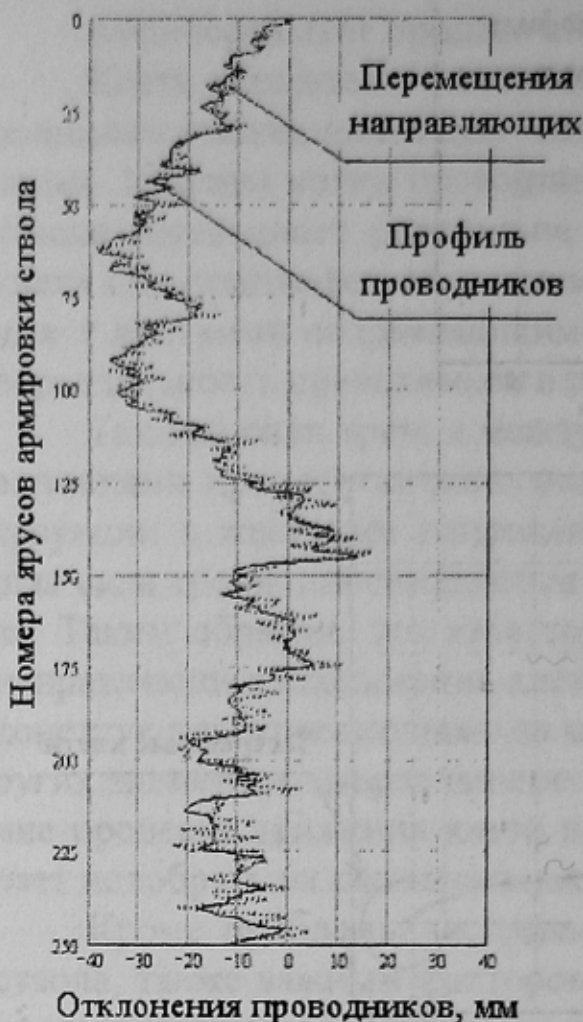


Рисунок 2 – Перемещения направляющих клетки

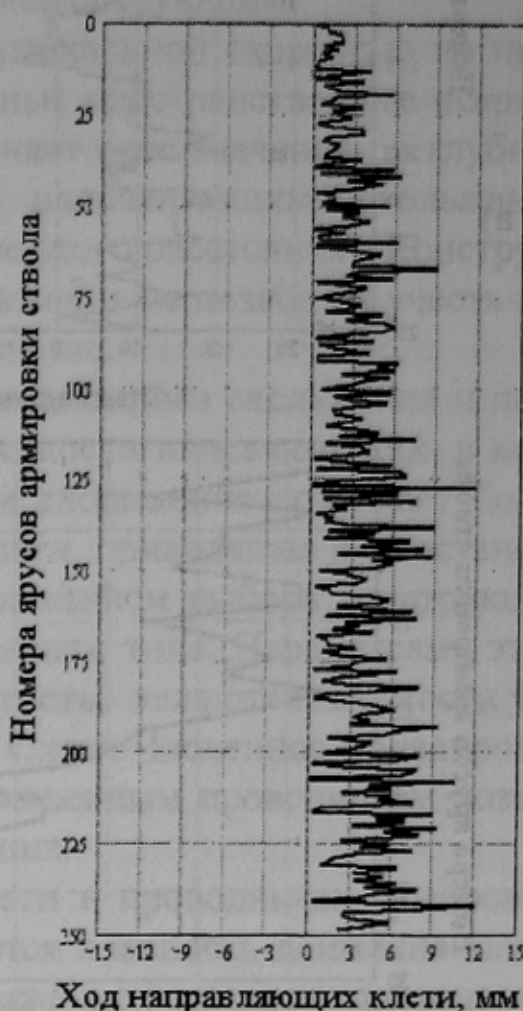


Рисунок 3 – Ход направляющих клетки

### **Выводы и направление дальнейших исследований.**

Численные эксперименты показали, что программа, реализующая математическую модель, позволяет подобрать рациональные значения жесткостных параметров направляющих узлов, обеспечи-



вающих работоспособность системы для действующих угольных стволов с односторонним расположением двух ниток проводников, имеющих значительные пространственные искривления и непараллельность в пространстве.

В дальнейшем представляет интерес провести численные эксперименты с использованием данных профилировок проводников различных шахт с целью подбора таких параметров жесткости направляющих скольжения клетки следящего типа, которые позволят обеспечить универсальность применения клетки, ее плавное и беспрепятственное движение по проводникам различных стволов угольных шахт Украины.

Список источников.

1. Самуся В.И., Торба Е.П. Обоснование конструктивных параметров клетки для аварийно-спасательной подъемной установки // Збірник наукових праць Національної гірничої академії України. – Дніпропетровськ: Видавництво „Навчальна книга”, 2002. – №13, т.3. – С. 236 - 238.
2. Иванов А.А., Куваев Ю.В. Динамические нагрузки, действующие на подъемный сосуд вследствие искривления проводников // Известия Днепропетровского Горного Института/ Автоматика и горная электромеханика. – Днепропетровск, 1967 (50). – С. 14-17.
3. Самуся В.И., Торба Е.П. Усовершенствование узлов крепления направляющих скольжения аварийно-спасательной клетки // Гірнична електромеханіка та автоматика: Наук. – техн. зб. – 2003. – Вип. 71. – С. 96 - 101.
4. Ильин С.Р., Торба Е.П. Математическая модель взаимодействия универсальной клетки, снабженной направляющими скольжения следящего типа, с жесткими проводниками армировки ствола // Сборник научных трудов НГУ. – № 19, том 5. – Днепропетровск: Национальный горный университет, 2004. – С.146 - 150.
5. Ильин С.Р. Взаимосвязь между дифференциальными параметрами профилей проводников жесткой армировки шахтных стволов и нарушениями плавности движения подъемных сосудов // Збірник наукових праць Національної гірничої академії України. – Дніпропетровськ: Видавництво „Навчальна книга”, 2002. – №13, т.3. – С. 223 - 229.