

Введение

Актуальность работы. Увеличение глубины добычи угля и продолжительности технологических процессов, ее сопровождающих, ухудшило состояние горных выработок, особенно подготовительных. Одной из основных причин снижения устойчивости горных выработок является отсутствие надежных конструкций крепей способных поддерживать выработки в эксплуатационном состоянии в течение всего срока службы. Ремонт горных выработок, сопровождающийся их перекреплением, существенно сказывается на технико-экономических показателях всего предприятия в целом, поскольку требует дополнительных материальных и трудовых затрат и сдерживает процесс добычи угля.

Повышение несущей способности крепей горных выработок является одной из важнейших задач при подземной разработке месторождений полезных ископаемых. Достаточно надежная работа металлической крепи на малых и средних глубинах объясняется большим запасом прочности ее конструкции. На больших глубинах металлические конструкции крепления в большинстве своем работают на грани своих возможностей и ошибки проектирования сразу отражаются на состоянии крепления. Расчет стальных конструкций крепления производят, как правило, по заданной нагрузке, величину которой определяют по одной из гипотез горного давления или по данным шахтных измерений. Давление пород в этом случае представлено в виде вертикальной и боковой нагрузки. Вертикальная нагрузка принимается равномерно распределенной, боковая – распределенной равномерно или по закону трапеции. При этом предполагается, что между креплением и окружающим ее массивом пород сохраняется непрерывный контакт по всему периметру. На сегодняшний день, подобные допущения приводят к неверному отражению реальной обстановки вокруг выработки и в итоге к ошибкам в расчетах несущей способности крепи. Следовательно, необходимо, либо разработать такую методику расчета крепи, которая учитывала бы большую часть ключевых допущений, либо создать конструкцию крепи повышенной несущей способности, для которой данные допущения не играют существенной роли.

Целью работы является обоснование использования в имеющихся конструкциях крепей горных выработках усилителей, позволяющих увеличить моменты сопротивления сечений на участках крепежной рамы, в которых расчетным путем определяются наибольшие изгибающие моменты, и тем самым увеличить несущую способность крепи, снизив при этом ее металлоемкость.

Идея работы заключается в перераспределении внутренних усилий в металлических арочных крепях, возникающих на участках с наибольшими изгибающими моментами, за счет установки на этих участках вкладышей из отрезков металлического профиля проката того же типоразмера, что и вся рамная крепь, тем самым увеличив моменты сопротивления сечения крепи, на наиболее опасных с точки зрения деформирования участках.

Объектом исследования являются металлические рамные крепи горных выработок из специального взаимозаменяемого профиля проката (СВП).

Задачи исследования:

- определение изгибающих моментов и нормальных сил в металлической рамной крепи на основе расчетов предполагаемой нагрузки на крепь, с последующим расчетом изгибающих моментов и нормальных сил, возникающих в крепи, и реализованным на ЭВМ, для конкретных, существующих условий, с последующим выбором требуемого типоразмера крепи;

- анализ напряженно-деформированного состояния горного массива и крепи с использованием программного комплекса ANSYS;

- исследование основных закономерностей изменения напряженно-деформированного состояния крепей при применении усилительных элементов, мест расположения усилителей крепи, поиск их оптимальных параметров.

Методы исследования. В работе применен комплексный метод, включающий анализ опыта крепления горных выработок металлическими крепями и методов их расчета, лабораторные исследования деформационных характеристик усиленных крепей, аналитическое исследование напряженно-деформированного состояния усиленных крепей, полученное с помощью математического моделирования методом конечных элементов.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- установлена закономерность изменения значений внутренних усилий, возникающих в металлических рамных крепях, в зависимости от деформационных характеристик, мест расположения усилителей, а также от геометрических характеристик выработки и соотношения боковой и вертикальных нагрузок на крепь;

- получены зависимости несущей способности металлической рамной крепи от мест установки усилителей, а также прочностных и деформационных характеристик усилительных элементов.

Научное значение заключается в обосновании предлагаемого варианта повышения несущей способности крепи, который может использоваться для устойчивого поддержания горных выработок в сложных горно-геологических условиях на глубоких горизонтах шахт Карагандинского угольного бассейна.

Практическая ценность работы заключается в значительном повышении несущей способности металлических рамных крепей за счет усилительных элементов простых в изготовлении и установке, в сходимости результатов аналитического и физического моделирования сопротивления разработанной конструкции крепи внешнему воздействию дает основание предполагать успешное применение этой крепи в промышленных условиях.

Положения, выносимые на защиту:

1. Увеличение моментов сопротивления профиля проката, используемого для изготовления крепи, на участках, испытывающих наибольшие изгибающие моменты, повышает несущую способность рамной крепи на 53%.

2. Применение усилителей рамной крепи в виде вкладышей из отрезков спецпрофиля, устанавливаемых на участках наиболее опасных с точки зрения деформации, позволяет уменьшить металлоемкость крепи по сравнению с неусиленной крепью при одинаковой их несущей способности.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются: корректной постановкой технологических задач и правомерностью использования современных вычислительных методов для их решения; удовлетворительной сходимостью результатов теоретических исследований с лабораторными и фактическими данными промышленных наблюдений.

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач исследования; разработке методики расчета параметров усиленных металлических арочных крепей; проведении лабораторных испытаний с целью определения прочностных и деформационных характеристик усилительных элементов различных геометрических параметров, обеспечивающих максимальную несущую способность конструкции крепи; в выполнении математического моделирования для определения деформации рамы в месте расположения усилительного элемента при воздействии на раму крепи внешних нагрузок в зависимости от используемого типа специального взаимозаменяемого профиля; установлении рационального количества усиливающих элементов в металлических арочных крепях; формировании основных выводов и рекомендаций по результатам исследований [3].

Реализация работы. Выработаны рекомендации для устойчивого поддержания горных выработок в сложных горно-геологических условиях шахт Карагандинского угольного бассейна [1].

По диссертационной работе получены акты внедрения в учебный процесс НАО "Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова" по дисциплинам магистратуры специальности "Горное дело".

Апробация работы. Результаты научных исследований, полученные в диссертации, включены в учебный процесс по дисциплинам образовательной программы 7M07203 магистратура "Горное дело" (Приложение А) и акт включения результатов научных исследований в производственную деятельность АО «Арселор Миттал Темиртау», ш.Кузембаева (приложение Б). Свидетельство о включении в сведения государственного реестра прав на объекты, охраняемые авторским правом №24740 от 01 апреля 2022 года. (Приложение В). Также был представлен сертификат автора о прохождении научной стажировки в г. Бишкек, Кыргызская Республика (приложение Г).

Результаты работы были представлены с помощью программ высшей категории Ansys Mechanical APDL (приложения Е и Ж).

Основные положения работы изложены и одобрены научно-техническим советом кафедры Разработка месторождений полезных ископаемых, «Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова».

Публикации. Результаты выполненных исследований опубликованы в 2 статьях, входящих в базу в данных Scopus. Новизна результатов подтверждена

одним патентом на полезную модель, одним свидетельством о внесении в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом.

Объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов и выводов, изложенных на 83 страницах текста, содержит 42 рисунков, 10 таблиц, список использованных источников из 42 наименований и 7 приложений.