УДК 536:24:622:413

А.Ф.ГАЛКИН
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ В ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ

Проанализированы результаты натурных исследований по влиянию теплового режима на надежность работы машин и механизмов в подземных горных выработках. Показано, что выбором рациональных способов регулирования теплового режима и технических мероприятий возможно обеспечение нормативных параметров эксплуатации горных машин при строительстве подземных сооружений и ведении очистных работ в условиях криолитозоны.

Results of researches on influence of a thermal mode on reliability of work of machines and mechanisms in underground construction of the North are analyzed. It is shown, that by a choice of rational ways of regulation of a thermal mode and technical actions, maintenance of normative parameters of operation of mountain machines is possible at construction of underground constructions and robing in mines of the North.

Проблемы надежности работы машин и механизмов возникают как при ведении открытых, так и подземных горных работ в зоне многолетней мерзлоты (криолитозоне). Это связано прежде всего, с работой гидросистем, эффективность которых определяется зависимостью вязкости гидравлической жидкости от температуры. В подземных условиях криолитозоны этот фактор является трудноустранимым, так как требования к тепловому режиму по фактору безопасности горных работ, а именно, устойчивости горных выработок, противоположны требованиям к обеспечению нормативного уровня надежности работы машин и механизмов [3, 5]. Существующие правила безопасности ведения горных работ в криолитозоне никак не регламентируют данные требования, а лишь указывают, что выбор рациональных параметров теплового режима определяется главным инженером горного предприятия. На практике это приводит к тому, что приходится либо уменьшать степень надежности и производительности горной техники, либо рисковать, снижая требования к безопасности ведения горных работ.

Для подтверждения сказанного уместно привести результаты натурных исследований, проводившихся нами при строительстве тоннеля «Нагорный» в многолетнемерзлых породах. Технологической схемой проходки предусматривалось использование японской буровой установки фирмы «Фурукава» и мощного дизельного оборудования – погрузочных машин и самосвалов типа БелАЗ. Способ проветривания тоннеля – комбинированный, с помощью трех воздухопроводов. Климатические условия в районе строительства крайне неблагоприятные. Температура воздуха в зимний период достигает –40 – –50 °С, в летний – 30-35 °С.

Строительство тоннеля было начато в летний период. Вопросы регулирования теплового режима решены не были, в результате чего было допущено интенсивное протаивание пород вокруг устьевых частей тоннеля, что, в конечном итоге, привело к аварийной ситуации и обрушению пород со стороны северного портала. В дальнейшем для сохранения устойчивости пород незакрепленная часть призабойной зоны была уменьшена до минимума. Это снизило темпы проходки, так как в период взрывных работ применявшаяся металлическая арочная крепь частично выходила из строя, что требовало дополнительных затрат времени и средств на перекрепление.

В осенне-зимний период при отрицательных значениях температуры атмосферного воздуха положение с устойчивостью пород несколько улучшилось, но значительно снизилась производительность труда при бурении, поскольку технические характеристики японской буровой установки обеспечивали ее нормальную эксплуатацию только при положительной температуре воздуха. Для повышения эффективности работы буровой установки в начале тоннеля была смонтирована калориферная установка. Это позволило достичь в призабойной зоне положительной температуры воздуха, равной 2-4 °С, но уже на выходе из нее температура вентиляционной струи была ниже 0 °С.

В период интенсивного проветривания после взрывных работ температура воздуха по всей длине выработки была отрицательна. Такое стихийное регулирование теплового режима приводило к обмерзанию железнодорожных путей, замерзанию воды на почве и образованию наледей, смерзанию отбитых горных пород и, как следствие, дополнительным затратам на очистку путей, скол и уборку льда, увеличению времени и энергоемкости погрузочных операций. Возникшие при строительстве тоннеля «Нагорный» трудности являются типичными при проходке горных выработок в мерзлых породах, сдерживающими темпы и увеличивающими затраты на их проведение.

Аналогичные по сути проблемы возникают и при ведении очистных работ на угольных шахтах криолитозоны. При работе механизированных комплексов в угольных шахтах криолитозоны наблюдается снижение скорости рабочих операций при креплении: скорости опускания и подтягивания, передвижки конвейерного става гидравлическими домкратами и секций к забою, скорости распора крепи. Это напрямую определяется зависимостью вязкости рабочей жидкости, используемой в гидравлической системе крепи, от температуры (обычно водомасляная эмульсия): чем ниже температура, тем выше вязкость рабочей жидкости. Известно, что при понижении температуры, например, от 0 до –10 °С вязкость минеральных масел увеличивается в 3-6 раз.

В работе [2] показано, что длительность рабочих операций по креплению очистного забоя (распор крепи, передвижка конвейера, передвижка секций крепи) существенно зависит от температурного режима в очистной выработке, что, прежде всего, связано с температурной зависимостью вязкости рабочей жидкости в гидравлической системе механизированного комплекса от температуры. Экспериментальные данные, приведенные в работах М.А.Викулова, М.А.Розенбаума, В.П.Слепцова и других авторов, показывают, что данная зависимость существенна и не может быть проигнорирована при выборе оптимальных параметров теплового режима в лаве. При отрицательных температурах воздуха в лаве угольной шахты криолитозоны скорость крепления механизированной крепью в 2-2,5 раза ниже, чем в аналогичных шахтах в центральных угольных бассейнах страны [2]. Обработка экспериментальных данных по шахте Джебарики-Хая приводит к следующей характерной зависимости длительности рабочих операций по креплению от температуры:

$$\tau(t) = 1/(0{,}038 + 0{,}002t),$$

где t – температура воздуха в лаве в месте проведения рабочих операций, °С.

Из формулы следует, например, что при понижении температуры в лаве от 0 до –5 °С длительность рабочих операций возрастает на 36 %. Поскольку производительность механизированного комплекса существенно зависит от скорости рабочих операций по креплению, то и сменная добыча на шахтах Севера при сходных горно-геологических условиях существенно ниже.

Из приведенных примеров становится очевидной необходимость технологического кондиционирования воздуха в подземных сооружениях криолитозоны, как связанных, так и не связанных с горным производством. Для решения этой проблемы автором были проведены системные исследования, результаты которых позволяют выбрать оптимальные параметры теплового режима, удовлетворяющие заданным критериям качества, при минимуме энергетических затрат. В качестве критериев использовались

следующие: обеспечение устойчивости пород в горных выработках; обеспечение безопасности и комфортности условий труда в подземных условиях; обеспечение надежности работы машин и механизмов (создание тепловых условий соответствующих правилам технической эксплуатации).

Общей научной задачей являлся поиск оптимальных путей создания таких тепловых условий в горных выработках, которые бы обеспечили максимальное удовлетворение всем трем критериям качества при минимуме материальных и энергетических затрат. Пути достижения этой цели и полученные результаты подробно описаны автором в работе [3].

С позиции повышения надежности работы машин и механизмов тепловой режим в выработках предлагается регулировать с помощью рациональных схем и способов проветривания выработок, с переменным расходом воздуха, а также путем использования специальных несущих теплозащитных покрытий. Получены оптимальные значения скорости воздуха в различные периоды технологических циклов, позволяющие удовлетворить всем трем критериям качества. При этом с позиции экономии энергетических ресурсов предлагается уже на стадии проектирования учитывать влияние особенностей геотермии месторождения на выбор стратегии освоения месторождения [6].

Проведенными теоретическими исследованиями было установлено [4], что в зависимости от климатических, геокриологических, технологических и экономических условий разработки месторождений всегда существует оптимальное значение температуры воздуха на выходе из лавы, при котором эффект от кондиционирования воздуха по технологическому критерию, в данном случае снижению длительности рабочих операций по креплению лавы, будет максимальным. Существует и предельная температура воздуха, выше которой подогревать воздух нецелесообразно. Учитывая эти результаты, для очистных выработок криолитозоны предложена и научно обоснована локальная схема регулирования теплового режима, позволяющая обеспечить надежную работу механизированного комплекса в соответствии с правилами технической эксплуатации при минимуме энергетических затрат на кондиционирование воздуха [4]. При этом удается удовлетворить сразу трем критериям качества.

Кроме того, разработан радикальный метод исключения влияния теплового режима на работоспособность механизированного комплекса [1]. Суть его заключается в том, что водомасляная эмульсия заменяется специальной гидравлической жидкостью, вязкость которой постоянна в заданном диапазоне температур. Использование данного изобретения на практике позволило получить существенный экономический эффект при общем повышении надежности работы механизированного комплекса и безопасности ведения горных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 1613636 СССР. Способ обеспечения режима работы в лавах, оснащенных механизированными комплексами / И.Н.Лось, А.Ф.Галкин, В.П.Слепцов, М.А.Розенбаум // Бюл. изобр. 1990. № 46.

2. *Викулов М.А.* Эксплуатация очистных механизированных комплексов в зоне многолетней мерзлоты / М.А.Викулов, А.П.Ефремов. Якутск: Изд-во Якутского ун-та, 2003. 169 с.

3. *Галкин А.Ф.* Тепловой режим подземных сооружений Севера. Новосибирск: Наука, 2000. 305 с.

4. *Галкин А.Ф.* Оптимальный тепловой режим очистных выработок шахт криолитозоны / Горный информационно-аналитический бюллетень. Тематическое приложение «Физика горных пород». М.: Изд-во МГГУ, 2006. С.200-205.

5. *Дядькин Ю.Д.* Основы горной теплофизики. М.: Недра, 1968. 256 с.

6. *Лось И.Н.* Оценка влияния геотермии месторождений на выбор стратегии отработки шахтного поля / И.Н.Лось, Г А.Ф.алкин // ФТПРПИ. Новосибирск, 1985. № 2. С.86-89.