

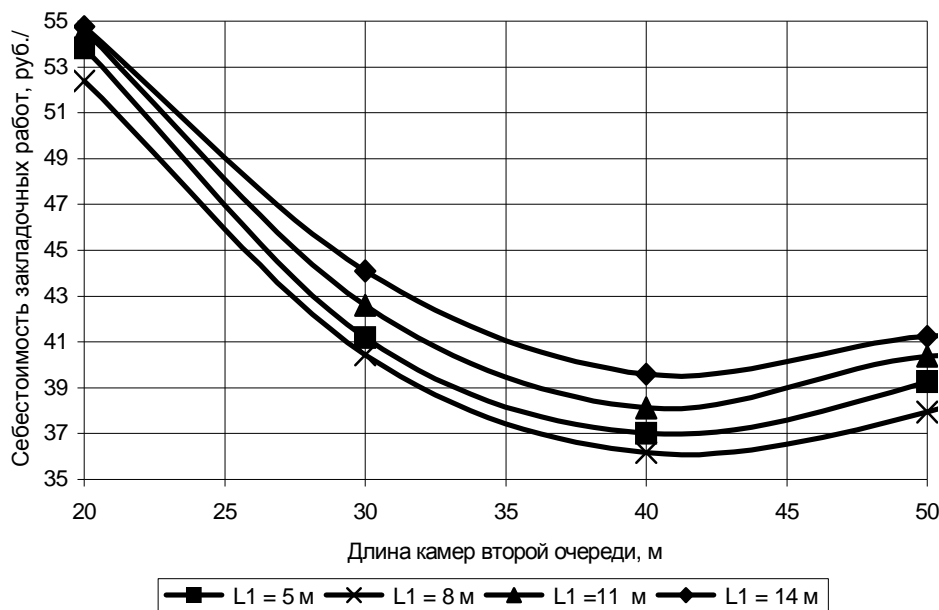
стенки ограничена мощностью рудного тела и сыпучая закладка оказывается «сжатой» между висячим и лежащим боком залежи, что уменьшает ее давление на подпорную стенку. В третьих, по теории Кулона подпорная стенка расположена вертикально к поверхности земли. В подземных условиях и подпорная стенка, и сыпучая закладка расположены под углом наклона рудного тела, что создает дополнительную силу трения между ней и лежащим боком, уменьшая величину активного давления.

При нисходящем порядке ведения работ искусственные целики испытывают давление призмы сползания, доходящей до поверхности, которая увеличивается с понижением горных работ. Из-за этого необходимо увеличивать размеры искусственных целиков и их прочность. При восходящем порядке ведения работ, когда вышележащие породы еще не нарушены горными работами, искусственные целики испытывают давление пород только в пределах свода давления. При переходе работ на следующий

вышерасположенный этаж объем свода увеличится, однако его высота над рабочим горизонтом будет оставаться постоянной и меньшей, чем при нисходящем порядке, что приведет к уменьшению размеров искусственных целиков и прочность их закладки.

Применительно к условиям месторождения «Заполлярное» Кольская ГМК были проведены расчеты параметров камер I и II очереди и необходимой прочности закладки камер I очереди. Оптимальными являются следующие параметры системы разработки (рис.): длина камеры I очереди - 8 м., длина камер второй очереди - 40 м., прочность твердеющей закладки камер первой очереди 3 МПа. Это позволяет снизить себестоимость закладочных работ за счет увеличения использования сыпучей закладки из отходов горно-металлургического производства. Данная методика применима при отработке в восходящем порядке крутопадающих рудных месторождений, залегающих на больших глубинах.

Зависимость себестоимости закладочных работ от длины камеры второй очереди при различной длине камер первой очереди (L1)



### Совершенствование системы обеспечения работоспособности экскаваторов

Паначев И.А., Насонов М.Ю., Антонов К.В.  
Кузбасский государственный технический университет

При эксплуатации экскаваторов в их металлических конструкциях образуются многочисленные трещины, способные привести к разрушению. Согласно существующим требованиям Госгортехнадзора трещины после обнаружения должны быть устранены, но сроки устранения при этом определены не четко. Принятие решения о времени проведения ремонта экскаваторов, и заварки трещин производится на основе эмпирического опыта сотрудниками отдела главного механика разреза или механиками конкретного участка. В результате весьма часто,

экскаваторы ставятся на ремонт значительно раньше момента, который может быть признан опасным для конкретной конструкции. С другой стороны, в отдельных случаях, ремонт экскаваторов производится уже после отказа их работы.

В настоящее время стоимость новых экскаваторов является достаточно высокой и их приобретение для большинства разрезов затруднительно. В связи с этим продление срока эксплуатации экскаваторов, отработавших нормативный период, является весьма актуальной, ранее не исследованной проблемой.

В качестве объектов исследования приняты экскаваторы типа ЭШ 10/70 (ЭШ 13/50) и ЭЖГ-12,5 (ЭЖГ-12,5/15). С целью установления основных факторов, влияющих на образование и развитие трещин в их металлоконструкциях, проведены из-

мерения деформаций металла с помощью тензорезисторов и шлейфового осциллографа.

Основными факторами, определяющими ресурс металлоконструкций, являются прочность горной породы, площадь и форма развала взорванных пород, грансостав и коэффициент разрыхления породы в развале.

Анализ выполненных исследований позволил разработать методику прогнозирования времени надежной работы конструкций, имеющих трещиноподобные дефекты. Не отменяя систему годовых и капитальных ремонтов, методика позволяет сократить, а при определенных условиях и исключить аварийные ремонты.

Методика основывается на определении следующих параметров:

- зон образования трещин в металлоконструкциях экскаваторов и частоты их возникновения;
- нагруженности металлоконструкций в зависимости от грансостава взорванных пород и коэффициента разрыхления;
- числа циклов нагружения, распределения направлений действий нагрузок на рабочий орган экскаватора и усилий на механизмы;
- уровней напряжений и коэффициентов концентрации напряжений для узлов с развивающимися трещинами;
- трещиностойкости сталей в эксплуатационных условиях;
- значений коэффициентов интенсивности напряжений (КИН) для видов трещиноподобных дефектов и элементов металлоконструкций экскаваторов;
- количества циклов нагружения до разрушения металлоконструкций при наличии сквозных и поверхностных трещин.

В отличие от ранее использовавшихся расчетов металлоконструкций экскаваторов на циклическую прочность, оценка долговечности и прочности конструкции с трещиной производится по уровню напряженного состояния в вершине трещины относительно описываемого коэффициентом интенсивности напряжений (КИН). Оценка долговечности металлоконструкций с трещиноподобным дефектом связана с расчетом длительности роста трещины от

начального зафиксированного размера до критического и зависит от размаха КИНа.

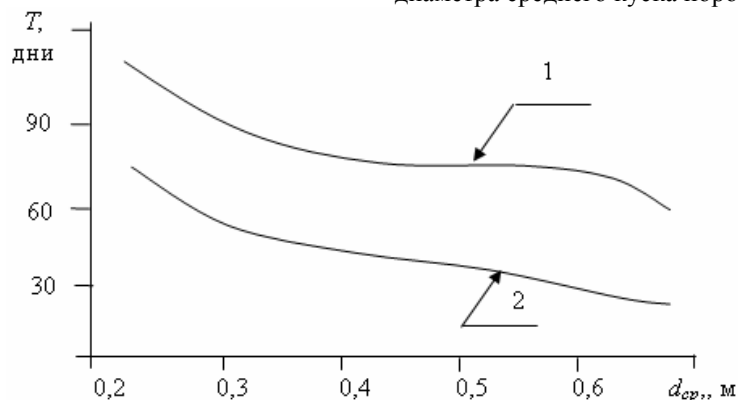
В основном для металлоконструкций экскаваторов используются стали ВСт3, 09Г2С и 10ХСНД. Для их сварных соединений были проведены эксперименты по определению характеристик статической и циклической трещиностойкости при воздействии отрицательных и положительных температур реального диапазона. В сварных соединениях исследовались три зоны: металл сварного шва, металл околошовной зоны и основной металл. Испытания при пониженных температурах производилась с применением методики [5].

Циклические испытания образцов проводилось совместно с Московским ЦНИИПроектстальконструкция на специально сконструированной разрывной машине циклического действия, позволяющей создавать частотные режимы нагружения в диапазоне от 0,01 до 1 Гц. Выбранные частоты наиболее близко отражают реальные условия и режимы работы металлоконструкций экскаваторов.

При работе экскаваторов на угольных разрезах Кузбасса в зимний период температура воздуха колеблется от  $313^{\circ}$  до  $233^{\circ}$  К, поэтому для циклических испытаний был выбран этот диапазон температур. В результате установлено, что скорость роста трещины в сварных соединениях существенно зависит от температуры окружающей среды. Для стали марки ВСт3 при циклическом нагружении со значениями размаха коэффициента интенсивности напряжений в пределах  $20 \div 50$  МПа  $\cdot \sqrt{М}$  и температурах в указанных пределах скорость роста трещины увеличивается в  $1,3 \div 1,4$  раза

Для расчета конструкций экскаваторов, была разработана компьютерная методика пошагового определения кинетики роста трещин, позволяющая устанавливать ресурс конструкций экскаваторов.

Разработанная методика прогноза долговечности конструкций экскаваторов позволяет оценивать остаточный ресурс машин с учетом горно-технологических факторов, основным из которых является диаметр среднего куска взорванной горной массы. На рис.3 приведены зависимости времени роста трещины в сварных швах металлоконструкций от диаметра среднего куска породы.



**Рисунок 3.** Время роста трещины в сварном шве от зафиксированного размера до критического в зависимости от грансостава пород;

- 1 – поверхностная трещина в ходовой тележке экскаватора ЭКГ-12,5/15 с начальным размером 0,03 м;  
2 – сквозная трещина во фланцевом соединении ЭШ 13/50 с начальным размером 0,02 м

Из рис.3 видно, что для разных экскаваторов и металлоконструкций с увеличением степени дробления пород время роста трещины увеличивается.

Проведенные расчеты для отдельных случаев трещинообразования в металлоконструкциях экскаваторов показали возможность продления, до нескольких месяцев, их работы без постановки на ремонт. На основе выполненных исследований установлено, что при заданных грансоставе взорванных пород и размерах существующих трещин в металлоконструкциях можно оценивать остаточный ресурс конструкций и определять безопасный срок эксплуатации экскаваторов.

#### Список литературы

1. Бирюков А.В. Статистические модели в процессах горного производства. – А.В. Бирюков, В.И. Кузнецов, А.С. Ташкинов. Кемерово: Кузбасвуиздат, 1996. – 228 с.
2. Паначев И.А. Влияние агрессивных сред на хрупкую прочность и циклическую долговечность металлических конструкций. – И.А. Паначев, М.Ю. Насонов Сборн.научн.трудов Кузбасский государственный технический университет. Актуальные вопросы подземного и наземного строительства. Кемерово КузГТУ. 1996. с.157-164.
3. Брок Д. Основы механики разрушения. Пер. с англ. – М.; Высш. школа, 1980. – 368 с.
4. Панасюк В.В. Распределение напряжений около трещин в пластинах и оболочках. – В.В. Панасюк, М.П. Саврук, А.П. Дацишин. К., Наукова думка, 1976., 444 с.
5. Воронечкий А.Е. Влияние низких температур на усталостный ресурс сварных соединений с исходными дефектами. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. кандидата техн. наук. М.: МИСИ им. Куйбышева. 1984. 22 с.

#### Проблемы безопасности трубопроводного транспорта

Патронов К.С.

*Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)*

Геополитические реалии нашего времени позволяют сделать вывод о том, что для развитых индустриальных стран вероятность внешней агрессии со стороны соизмеримых по силе противников практически сведена к нулю. Население стран «золотого миллиарда» (15% жителей земного шара) потребляет около 80 % добываемых человечеством ресурсов и энергии. Это отражается в резко отличающемся уровне жизни людей в разных государствах, порой находящихся по соседству (как, например, в Израиле и Палестине). Вместе с тем, очевиден тот факт, что структурные изменения в устройстве мирового хозяйства не предвидятся. Следовательно, появится социальная напряжённость мирового масштаба (между разными государствами). Такое противостояние «бедных» и «богатых» неизбежно выльется во взаимную агрессию, наблюдаемую уже в наши дни. Но ввиду того, что вооружён-

ность и техническая оснащённость «слабых» и «сильных» несоизмеримы, появился международный терроризм, который будет развиваться с точки зрения тактики и стратегии действий. Сегодня террористы пользуются примитивными способами борьбы, которые заключаются в демонстративном уничтожении зданий и людей противника в небольшом количестве. Такие действия не наносят значительный ущерб всему государству в целом, а лишь укрепляют его изнутри, повышая его боеготовность и бдительность. Для террористов есть только одна возможность нанести ощутимый урон развитому индустриальному сообществу изнутри (при условии отсутствия оружия массового поражения). Сделать это можно, разрушая топливно-энергетическую отрасль, которая является «кровеносной» системой современного государства. К объектам приоритетной значимости в ТЭК относятся:

- нефтеперерабатывающие заводы;
- электростанции;
- хранилища нефти и газа;
- нефтегазопроводы.

Из приведённого выше списка объектов первые три имеют наивысшую степень охраны (в состав охранения входят даже комплексы ПВО). Иначе дело обстоит с транспортной подсистемой переработки углеводородов. Общая протяжённость только российских нефтегазопроводов измеряется десятками тысяч километров. Безусловно, трубопроводы являются удобной мишенью для террористов, так как невозможно определить, когда и в каком месте может быть нанесён удар. Поэтому становится особенно актуальной задача разработки методики для обнаружения подготавливаемых терактов на нефтегазопроводах.

Решение этой проблемы предполагает создание автоматической системы распознавания возможных угроз на трубопроводах, работающей в режиме реального времени и обладающей свойствами искусственного интеллекта. На сегодняшний день в СибАДИ (г. Омск) проведена научно-исследовательская работа в этом направлении, получены многообещающие результаты.

Очевидно, что в случае подземного залегания трубопровода террористы будут вынуждены произвести подкоп к телу трубы, чтобы заложить взрывчатку. В результате этих действий неизбежен прямой контакт орудия человека и стенок трубы, в которых при этом возбуждаются акустические колебания, обладающие рядом специфических свойств. Следовательно, по характеру колебаний не трудно распознать вид возмущающего действия на тело трубы (прямой удар, скользящий удар, сверление) а также расстояние от измерительной аппаратуры до повреждения.

В результате проведённых экспериментов было установлено, что акустические волны в металлической трубе распространяются на довольно большие расстояния. Так, применяя специально разработанный алгоритм выделения сигнала из шумов, было зафиксировано сверление трубопровода ручной дрелью на удалении 4 км от измерительных датчиков.