

6. Ghazanfar M. A., Prugel-Bennett A. Building Switching Hybrid Recommender System Using Machine Learning Classifiers and Collaborative Filtering // International Journal of Computer Science. 2010. Vol. 37, Issue 3. URL: http://www.iaeng.org/IJCS/issues_v37/issue_3/IJCS_37_3_09.pdf
7. Приклад оголошення. Automoto. 2017. URL: <https://automoto.ua/uk/Mercedes-Benz-GLE-Class-2017-Khmelnyskiy-18044982.html>
8. Linden G., Smith B., York J. Amazon.com recommendations: item-to-item collaborative filtering // IEEE Internet Computing. 2003. Vol. 7, Issue 1. P. 76–80. doi: 10.1109/mic.2003.1167344
9. Hu Y., Koren Y., Volinsky C. Collaborative filtering for implicit feedback datasets // 2008 Eighth IEEE International Conference on Data Mining. Pisa, 2008. P. 263–272. doi: 10.1109/icdm.2008.22
10. Sarwar B. M., Karypis G., Konstan J. A. Item-based collaborative filtering recommendation algorithms // Proceedings of ACM WWW '01. Hong Kong, 2001. 285–295. doi: 10.1145/371920.372071
11. Karypis G. Evaluation of object-based top-N algorithms // Proceedings of the tenth international conference on Information and knowledge management – CIKM'01. Atlanta, 2001. P. 247–254. doi: 10.1145/502624.502627
12. Кучерук В. Ю., Глушко М. В., Митковський О. Покращення алгоритму item-to-item методу колаборативної фільтрації для розробки рекомендаційних систем шляхом оцінки релевантності // Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2017). Вінниця, 2017. С. 215. URL: <http://mpa.vntu.edu.ua/images/conference/conf2017/VCDTS%202017.pdf>

Дата надходження рукопису 18.12.2017

Кучерук Володимир Юрійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, кафедра метрології та промислової автоматики, Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021
E-mail: vladimir.kucheruk@gmail.com

Глушко Михайло Васильович, кафедра метрології та промислової автоматики, Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021,
E-mail: mikhailhlushko@gmail.com

УДК 778.528.7

DOI: 10.15587/2313-8416.2018.120748

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИЗНАКООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕФЕКТА ТИПА "ТРЕЩИНА"

© Е. В. Горда, А. А. Пузько

В работе приведены результаты исследования элементов дефектов типа "трещина" с точки зрения формирования признаков, характеризующих их зоны смежности. Такой подход позволяет учесть не только собственно трещину, но и порожденные дефекты в области ее локализации. Полученные результаты могут быть использованы при построении систем мониторинга, распознавания и идентификации дефектов для оценки состояния объектов строительства, а так же для систем наблюдения процесса образования трещин

Ключевые слова: трещина, признак, изображение, элемент, наблюдаемость, область, корень, овраг, мониторинг, идентификация

1. Введение

Мониторинг и распознавание дефектов типа "трещина (ДТТ) методами неразрушающего контроля, особенно в оптическом диапазоне Web-камер позволяет с одной стороны, – определять наличие дефектов типа "трещина", а с другой, – иметь широкое применение и в задачах измерения параметров ДТТ. Исходя из этого, можно отметить, что определение признакообразующих возможностей элементов ДТТ в целях построения систем мониторинга, является актуальной задачей.

2. Анализ литературных данных

Необходимость своевременного выявления дефектов объектов строительства обусловлена обеспечением безопасности их эксплуатации. Сложность

задачи мониторинга поверхностей сооружений часто связана с доступностью важных конструкций и узлов сооружений, что делает методы оптического контроля на основе обработки цифровых изображений все более популярными [1].

Отдельные аспекты задачи выявления ДТТ рассматриваются в работах, связанных с исследованиями механики трещинообразования [2] и распространения их в сплошных средах [3]. Задача обработки цифровых изображений является частью теории распознавания образов основные методы и модели, которой изложены в ряде монографий. В работе [4] рассматривается применение вероятностных методов и оценка рисков в задачах идентификации объектов. Монография [5] посвящена фундаментальным основам теории распознавания, включая различные мето-

ды и алгоритмы. Методы и особенности обработки цифровых изображений достаточно полно изложены в работе [6].

Так как трещина представляет собой сложный объект исследования, который может иметь многообразные формы проявления, что делает практически невозможным создание эталона, и его изображение на цифровых снимках может искажаться или перекрываться сопутствующими дефектами для его выявления и идентификации на основе цифровых изображений необходимо разработать комплексный подход с учетом специфики объекта исследования.

3. Цель и задачи исследования

Целью исследования является исследование признакообразующих элементов дефекта типа "трещина" для решения задач распознавания и идентификации в рамках оптического метода неразрушающего контроля объектов строительства.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- уточнить понятие ДТТ и его объем;
- выделить из наблюдающихся элементов ДТТ признакообразующие;
- для каждого признакообразующего элемента описать наблюдаемые признаки;
- для каждого признакообразующего элемента описать характерные ему признаки, наблюдаемые в его области смежности.

4. Построение и анализ признакообразующих элементов дефекта типа "трещина"

Характерными элементами изображения дефекта типа трещина (ДТТ) являются: точка роста, берега, кромка, овраг [7]. На цифровом изображении перечисленные элементы могут наблюдаться с разной степенью проявления или не наблюдаться. Отображение элементов зависит от представления дефекта на снимке, а именно – дефект представлен полностью или фрагментарно и от условий съемки. Например, в зависимости от ракурса (рис. 1) овраг может перекрываться берегом трещины.

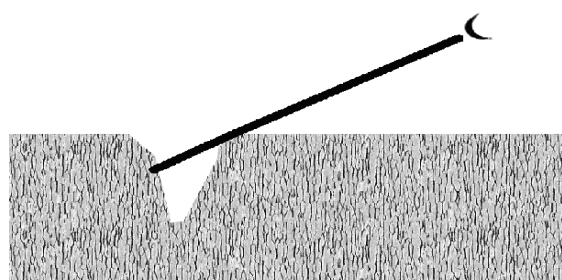
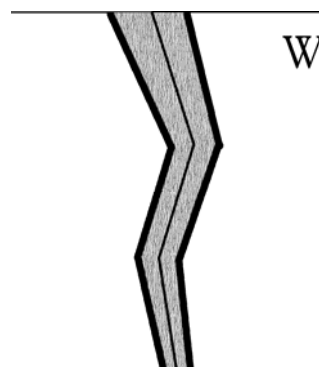
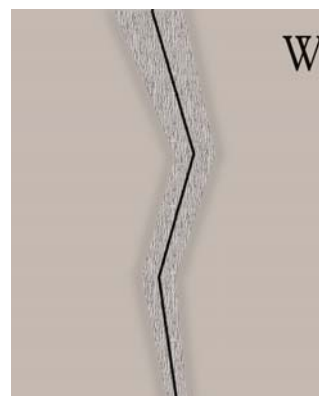


Рис. 1. Вид на трещину сбоку

Точка роста (рис. 2, а) может не попасть в область мониторинга, кромки, в силу значительной эрозии, могут быть существенно размыты (рис. 2, б) и наконец, берега могут не наблюдаться в силу низкой контрастности изображения (рис. 2, в).



а



б



в

Рис. 2. Фрагмент трещины: а – отсутствие точки роста трещины; б – размытие кромки трещины; в – низкий контраст изображения трещины

Используя признак ДТТ распределения света или цвета вдоль пучка прямых [8] и, аппроксимируя на основе средних точек цветовых интервалов, восстановим скелет трещины, о котором можно утверждать следующее [9]: в области определяемой данным скелетом находится изображение трещины (изображение ДТ находится в окрестности скелета) т. е. $\exists \varepsilon : Skil(\varepsilon) \supset Im DTT$, где

$$Skil(\varepsilon) : \left\{ (x, y) \mid \exists (x_0(x, y), y_0(x, y)) \in Skil : \left[(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 \right]^{1/2} < \varepsilon \right\}.$$

В зависимости от дискретности шага по лучу и порога чувствительности признака, в котором построено изображение, получим совокупность линий скелета. Область фигуры данной совокупности будет

содержать образ оврага ДТТ или образ оврага будет находиться в его окрестности (рис. 3), что следует из определения оврага [7].

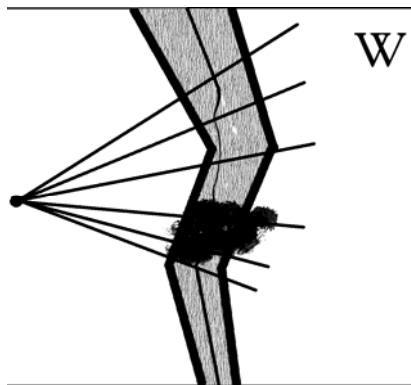


Рис. 3. Выход области оврага за пределы силуэта трещины

В точке роста ДТТ, в случае ее наблюдения на изображении, присутствует либо только линии раскрытия (рис. 4, а), либо линии раскрытия и входящая линия оврага (рис. 4, б) в зависимости от материала объекта мониторинга и направления силы, образующей ДТТ.

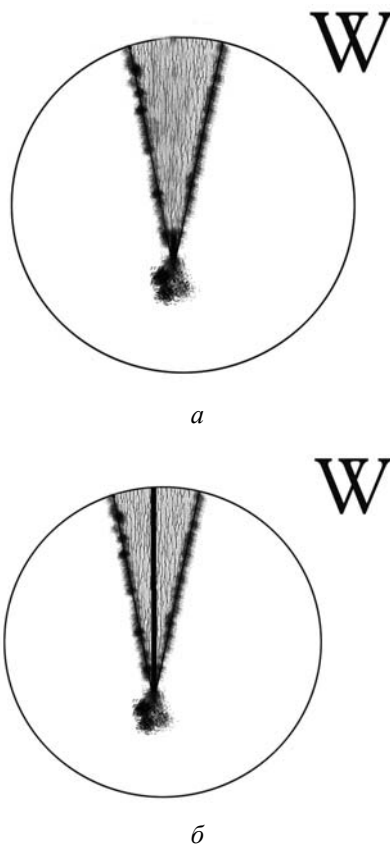


Рис. 4. Представление линий раскрытия трещины на цифровом изображении: а – присутствует только линия раскрытия; б – присутствует линия раскрытия и овраг

Необходимо отметить, что для случая, представленного на рис. 4, а, зона деформации будет значительно превосходить зону деформации, представ-

ленную на рис. 4, б для образа одного и того же дефекта из того же материала и распределения сил, что может служить дополнительным диагностическим признаком.

Колометрические признаки по окрестности точки роста будут определять актуальные цвета для данного объекта и в дальнейшем будут основой для градиентных признаков, описаны далее. Следует отметить, что в случае волосяной трещины этот признак идентифицирует ДТТ в зоне прилегания.

Кромке трещины соответствует простая одно-связная линия, разделяющая фон и собственно трещину и в зависимости от порогов чувствительности по цветам и яркости, а также дискретности шкал, кромка восстанавливается со стороны областей фона и, как и в случае скелета ДТТ, определяется областью изображения, которая ее содержит (рис. 5).

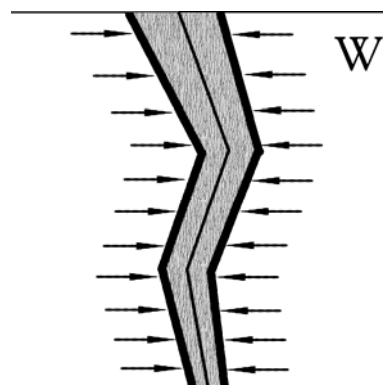


Рис. 5. Представление кромки трещины на цифровом изображении

Таким образом, подводя промежуточный итог, можно сделать следующее заключение: в плане локализации ДТТ можно определить описанными выше методами область ее содержащую, направление роста трещины, конфигурацию звена ДТТ, используя такие понятия как: точка роста, линия берега, звено и скелет ДТТ.

Более детально рассмотрим такой элемент трещины как берега. В формировании берегов принимает участие линии, рассмотренные ранее, а именно: часть изображения между простыми линиями кромки содержит берега ДТТ и, если, наблюдается, то овраг трещины (рис. 6).



Рис. 6. Представление берегов трещины на цифровом изображении

Отметим, трещины могут быть поверхностными, т. е. их овраг полностью располагается в материале объекта, так и сквозные, т. е. ДТТ образует сквозной дефект (разрыв материала объекта) и в этом случае цвет псевдо рва может соответствовать цвету подстилающей поверхности под объектом. Отметим, что данное свойство можно положить в основу признака разделения трещин таких типов.

Структура изображения берегов ДТТ может быть текстурной, гладкой, однотонной или цветной, что определяется материалом объекта мониторинга, дизайнерскими решениями, химическими свойствами окружающей среды, режимами нагружения и т. д. Так материал объекта определяет цветность, текстурность берегов трещины, кислотность среды определяет наличие кислотных пленок на берегах, а приложение силы – раскрытие берегов, наличие оврагов, так свойство изменения цвета берега в зависимости от времени и за счет окисления может быть положено в основу оценки времени трещинообразования или, как минимум, построения временных рядов, характеризующих время образования звеньев трещины. И на основе полученных временных оценок построения динамики роста ДТТ как дерева скелета трещины, где каждое звено имеет вес собственно время от появления до разветвления при общей хронологии (рис. 7).

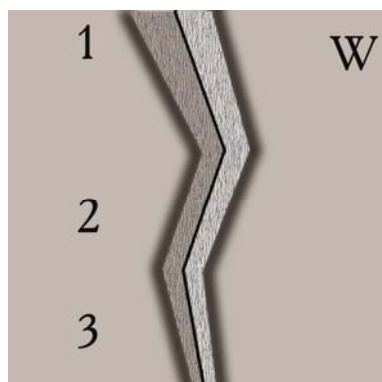


Рис. 7. Представление звеньев трещины на цифровом изображении

Ветвление трещины объясняется неоднозначностью энергетического состояния как решения уравнений, описывающих развитие трещины [10] в данной точке в данное время. Модель изображения ДТТ в такой точке допускает наличие перемежающихся берегов и кромок входящих и исходящих трещин в точке ветвления. В основу методов восстановления берегов ДТТ в точке ветвления помимо средних линий, линий кромок, которые в общем случае могут быть разрывные, целесообразно и возможно положить использование градиентов или субградиентов по цветности или светлости по восстанавливаемым берегам в точке ветвления (рис. 8).

Следует отметить, фрагмент объекта мониторинга в общем случае может отличаться от фрагмента плоскости и может размещаться на локально выпуклой или локально вогнутой поверхности. Исследование конфигурации берегов ДТТ на характерное аномальное сжатие или выпучивание относительно

регулярного образа позволяет диагностировать рельефность объектов в зоне расположения ДТТ (рис. 9).

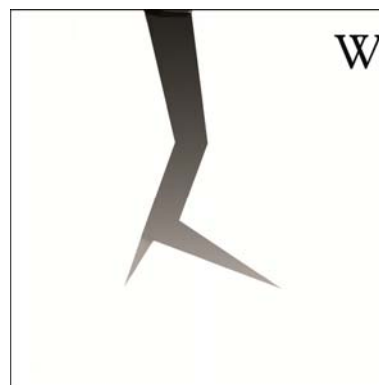


Рис. 8. Изменение цветности в области цифрового изображения трещины

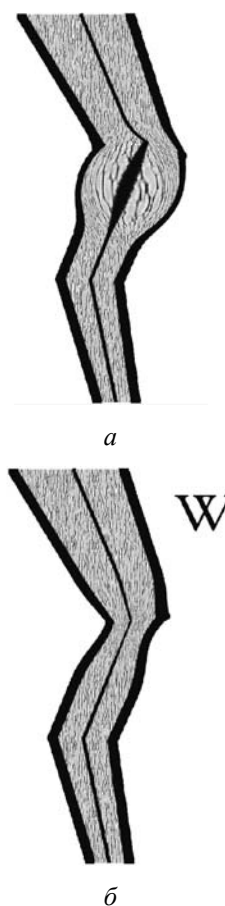


Рис. 9. Изменение конфигурации берегов трещины в зависимости от рельефа поверхности: *a* – выпуклая поверхность; *б* – вогнутая поверхность

Для объектов, структура которых представляет собой гомоморфную среду, при импульсном приложении силы на поверхности наблюдается процесс образования ДТТ. Если рассмотреть последовательность цепей ДТТ, то их длины уменьшаются в соответствии с уменьшением воздействия импульса силы. Более точно, необходимо внести поправку, которая учитывает раскрытие трещины или образование зоны прилегания, а для построения оценки по двумерному изображению необходимо учитывать площади ли-

нейных элементов ДТТ в их соотношении с элементами трещины.

Следует отметить, степень изотропности среды объекта мониторинга с одной стороны определяется, а с другой – определяет степень равнозначности градиентов по берегам трещины: Если они равновелики или одинаковы – то материал объекта изотропен. Это свойство ДТТ может быть положено как идентифицирующий признак (рис. 10).

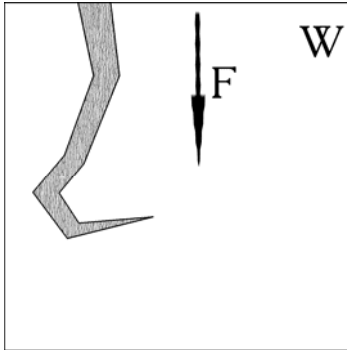


Рис. 10. Изменение изотропности среды по направлению

Если в течение действия силы образующей ДТТ трещина проходит разнородные участки материала объекта, то наблюдается картина множественного расхождения звеньев трещины, изменение направления магистральной трещины, остановка роста магистральной трещины с увеличением зоны деформации в точке ее роста. Эти характеристики дерева трещины могут быть положены в основу атласа однородных областей материала объекта мониторинга (рис. 11).

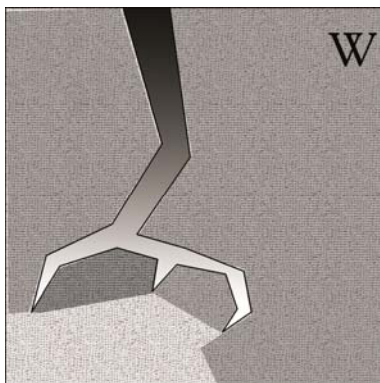


Рис. 11. Атлас областей однородности

В часто встречающейся ситуации, характеризующейся тем, что трещина не сквозная, наблюдаются раскрытие и берега, в случае сохранения продолжительного действия силы порождающей трещину, наблюдается градиент яркости в направлении перпендикулярном кромке трещины и вдоль берега. Помимо описанных ранее возможностей диагностики на основе градиентов по берегам трещины, становится возможным определение степени перекрытия одного берега другим и невозможности наблюдения оврага ДТТ из-за ракурса наблюдения дефекта (рис. 12).

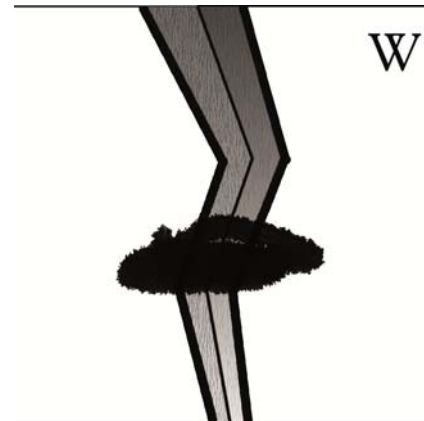


Рис. 12. Перекрытие дефектов на цифровом изображении трещины

5. Результаты исследования

Результатами данной работы является:

- исследование изображения дефекта типа «трещина» с точки зрения их доступности для мониторинга;
- выделение наблюдаемых признаков для элементов изображения ДТТ в зависимости от доступности мониторинга;
- определение признаков изображения ДТТ, которые могут быть положены в основу мониторинга изотропности материала объекта наблюдения.

6. Выводы

Описанные признакообразующие свойства элементов ДТТ, учитывая [11, 12], позволяют:

- 1) эффективно их мониторить и измерять;
- 2) на их основе строить идентифицирующие признаки для изучения в оптическом диапазоне поведение ДТТ как явления.

Литература

1. Тэплин Д. Механика разрушения. Разрушение конструкций. Москва: Мир, 1980. 256 с.
2. Эрдоган Ф. Теория распространения трещин. Москва: Мир, 1980. 256 с.
3. Морозов Н. Ф. Математические вопросы теории трещин. Москва: Наука, 1984. 256 с.
4. Вапник В. Н., Червоненкис А. Я. Теория распознавания образов. Москва: Наука, 1974. 416 с.
5. Фомин Я. А. Распознавание образов: теория и применения. Москва: ФАЗИС, 2012. 429 с.
6. Прэрт У. Цифровая обработка изображений. Москва: Мир, 1982. 310 с.
7. Горда О. В. Визначення дефекту типу «тріщина» в оптичному діапазоні // Гірничі будівельні, дорожні та меліоративні машини. 2009. № 74. С. 89–93.
8. Вадатов О. С. Математические основы обработки сигналов. Томск: Издательство Томского политехнического университета. 2011. 212 с.
9. Петров М. Н., Молочков В. П. Компьютерная графика. Санкт-Петербург. 2003. 736 с.
10. Морозов Н. Ф. Математические вопросы теории трещин. Москва: Наука, 1984. 256 с.

11. Горда Е. В. Особенности визуализации дефектов строительных машин, оборудования и сооружений на основе изображений оптического диапазона // Теорія і практика будівництва. № 7. 2011. 22–24.

12. Горда О. В. Дослідження функції присутності дефекту типу «тріщина» на цифрових зображеннях об'єктів будівництва // Управління розвитком складних систем. № 10. 2012. С. 112–114.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук, професор Михайленко В. М.
Дата надходження рукопису 23.10.2017*

Горда Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент, кафедра информационных технологий проектирования и прикладной математики, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, пр. Воздухофлотский, 31, г. Киев, Украина, 03037
E-mail: anaalg@ukr.net

Пузько Алексей Александрович, аспирант, кафедра информационных технологий проектирования и прикладной математики, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, пр. Воздухофлотский, 31, г. Киев, Украина, 03037

УДК 621.311.214

DOI: 10.15587/2313-8416.2018.118647

СТВОРЕННЯ ОБОРОТНИХ ГІДРОАГРЕГАТІВ ГАЕС В СТРУКТУРІ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЗАЛІЗОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

© О. М. Сінчук, Ю. Б. Філіпп, І. О. Сінчук, І. О. Бобріков, І. В. Касаткіна,
Р. І. Краснопольський

Розглянуті питання пошуку напрямків та оцінка узагальненого рівня достатності використання енергопотенціалу залізрудних підприємств. Доведено, що можливості підвищення рівня використання енергопотенціалу даних видів підприємств шляхом застосування організаційних заходів вичерпано. Необхідний пошук нових, нетрадиційних для залізрудних підприємств напрямків підвищення енергоефективності. Оцінено що одним із ефективних заходів в цьому напрямку може бути реструктуризація комплексів водовідводів шахт в оборотні гідроагрегати – гідроакмулюючі електростанції

Ключові слова: енергоефективність, гідроакмулюючі електростанції, енергетика, енергопотенціал, водовідлив, залізрудні шахти, оборотні гідроагрегати

1. Вступ

Залізрудна сировина (ЗРС) – головний продукт українського експорту, щорічно дозволяє поповнювати валютні запаси держави більше ніж на 60 % [1]. Позитивним моментом останніх років, після майже десятирічного спаду вітчизняним гірничорудним комплексом, простежується тенденція збільшення обсягів видобутку ЗРС [2]. Між тим, ситуація, що склалася на світовому ринку сировини і котра характеризується значним зниженням ціни на ЗРС, спонукає підприємства до пошуку шляхів зменшення собівартості ЗРС [3]. Однак, показники собівартості, зумовлюються комплексом як об'єктивних, так і суб'єктивних факторів поки ще як і раніше, мають стійку тенденцію росту [2].

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Незважаючи на прийняття різнонаправлених заходів в останні роки, проблеми вітчизняних гірничовидобувних підприємств збільшились [2]. Це пов'язано з тим, що в умовах поступової інтеграції України в Європейські ринкові структури надзвичайно гостро постають питання забезпечення енергоефе-

ктивних технологій на зазначених вище видах підприємств, що мають можливість підвищити конкурентоспроможність рівня продукції.

Одним із шляхів вирішення даної проблеми для гірничодобувних підприємств є розробка і впровадження в практику їх функціонування енергоефективної стратегії, що враховує специфіку функціонування і розвиток підприємства та його претенціозність на роль у зовнішньому середовищі. У зв'язку з цим, зростає практична потреба вітчизняних гірничовидобувних підприємств у розробці енергоефективних стратегій, проектів і програм.

Вирішення проблеми зменшення собівартості видобуваної ЗРС, в т. ч. шляхом зменшення енергопотреб на цей процес завжди було і є актуальною [4], тому і привертало до себе увагу наукових дослідників в різні періоди часу [5]. Між тим, рівень актуальності аналізованої проблеми з впливом часу не зменшився, а навпаки, зріс [6].

Пов'язано це з тим фактом, що енергопотреба в загальній собівартості видобутку ЗРС постійно зростає, і в останнє десятиріччя перевищила поріг у 30 % [4].

Нажаль, незважаючи на такий негативний факт, обсяг наукових пошуків у цьому напрямку в