

Л.И. Мещеряков, канд. техн. наук

(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСУТП С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ-ФУНКЦИЙ

Разработка, исследования и эксплуатация автоматизированных систем управления технологическими процессами обуславливает формализацию задач управления на основе объективной оперативной информации о текущем технико-технологическом состоянии автоматизируемых объектов. При этом проблема оценки состояния оборудования, находящегося в функциональном рабочем режиме, возникает постоянно. Для горных технологических комплексов это в основном связано с их конструктивным исполнением и режимами эксплуатации, которые в сложных горно-геологических условиях принимают часто критические значения, вызывая серьезные технологические или технические отказы. При этом эффективность нового оборудования предопределяется в процессе его создания и зависит от соответствия его эксплуатационных качеств сложным технологическим требованиям [1].

В связи с этим информационное обеспечение АСУТП имеет ключевое значение при решении задач управления. И на первый план здесь выступают информационные характеристики режимных колебаний технологических комплексов. Так, случайные колебания технологических параметров процесса бурения, например колебания давления промывочной жидкости, осевой нагрузки, момента на роторе буровой установки могут представляться в виде последовательности случайных величин, а схема анализа случайных колебаний параметров бурения в этом случае включит несколько этапов: подготовки данных для численного анализа, оценки основных свойств реализаций и непосредственный анализ данных.

Давно широко распространен анализ данных с использованием преобразования Фурье, где гармонические базисные функции преобразования Фурье предельно локализованы в частотной области (до импульсных функций Дирака при $T \rightarrow \infty$) и не локализованы во временной (определены во всем временном интервале от $-\infty$ до ∞). Их противоположностью являются импульсные базисные функции типа импульсов Кронекера, которые предельно локализованы во временной области и «размазаны» по всему частотному диапазону. Поэтому в последнее время все больше применяются специальные методы анализа данных, к которым относится и вейвлет-анализ (рис. 1 – 8). Вейвлеты по локализации в двух вышеприведенных представлениях можно рассматривать как функции, занимающие промежуточное положение между гармоническими и импульсными функциями. Они должны быть локализованными как во временной, так и в частотной области представления. Однако при проектировании таких функций действует принцип неопределенности, связывающий эффективные значения длительности функций и ширины их спектра. Чем точнее будет осуществляться локализация временного положения функции, тем шире будет ее спектр.

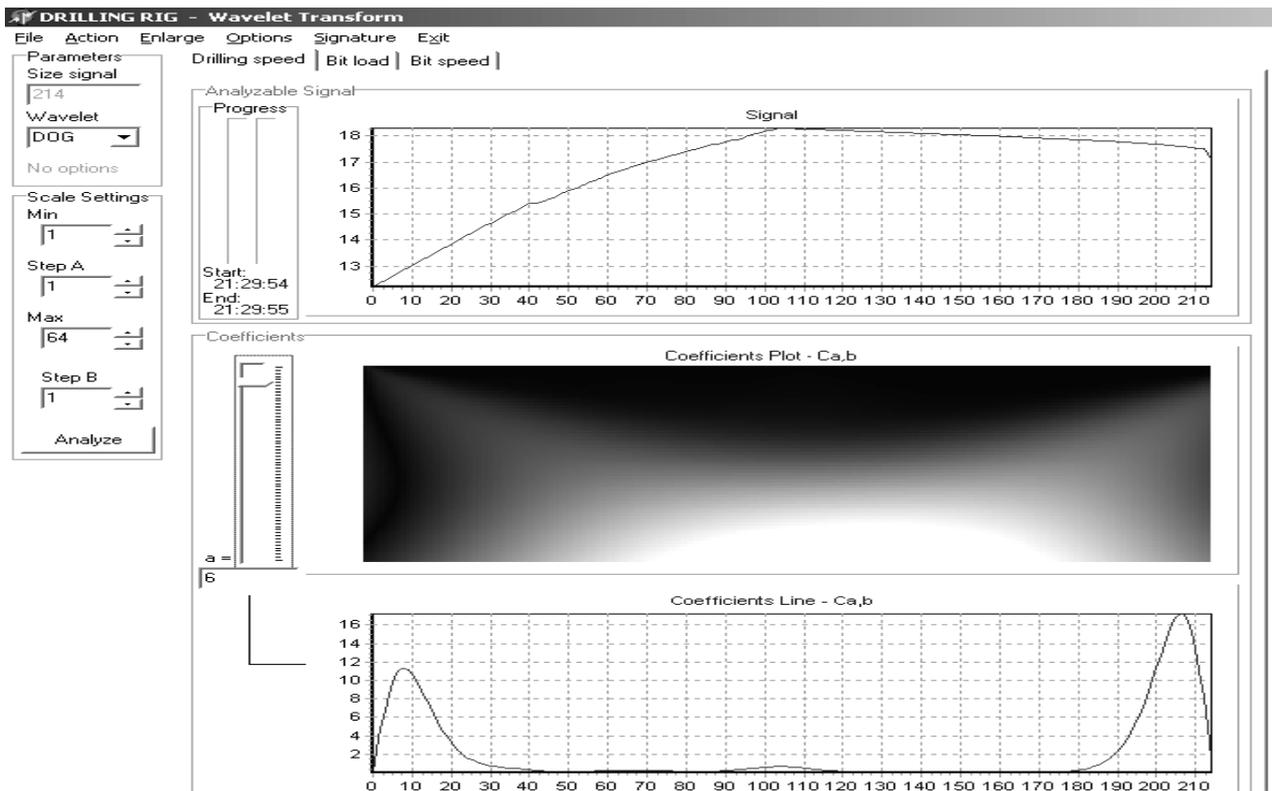


Рис. 1. Вейвлет-преобразования зависимости проходки на долото h_D , м, от частоты вращения n , об/мин, шарошечного долота диаметром 76 мм

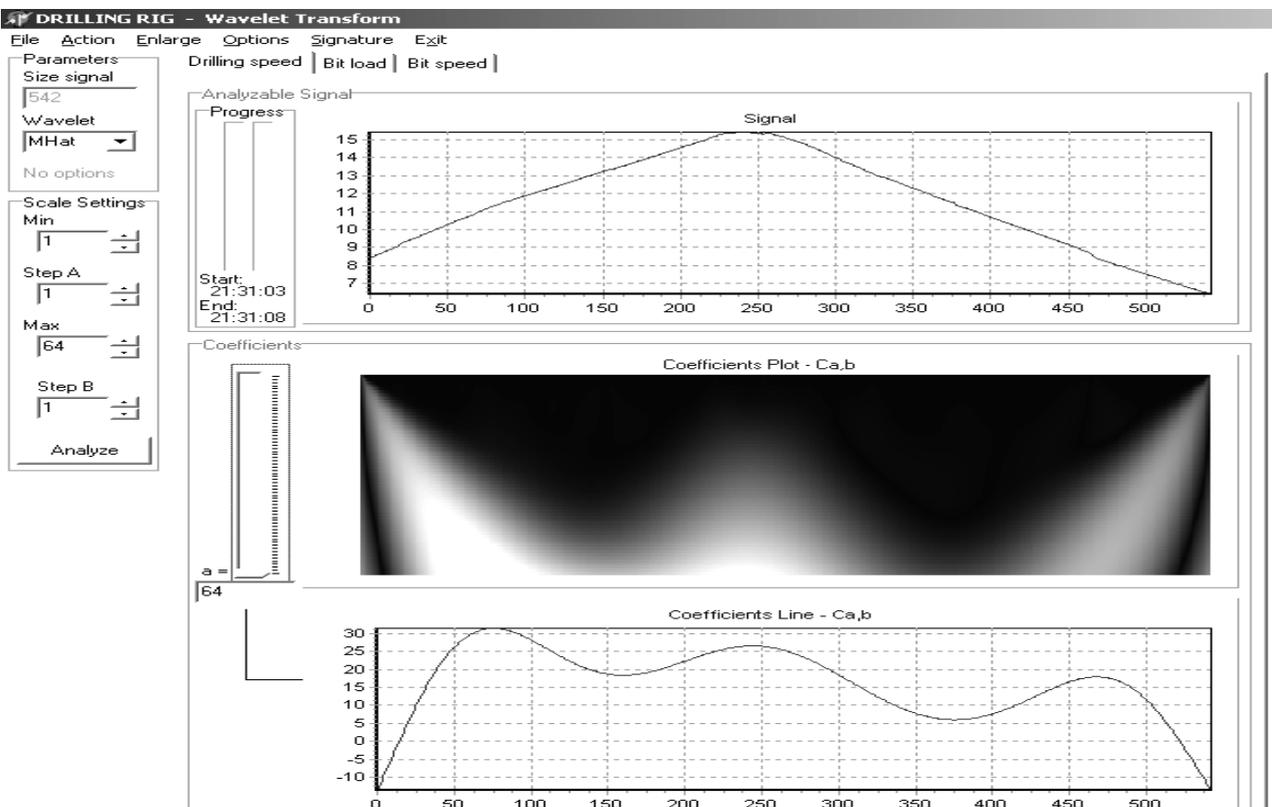


Рис. 2. Вейвлет-преобразования зависимости проходки на долото h_D , м, от частоты вращения n , об/мин, шарошечного долота диаметром 59 мм

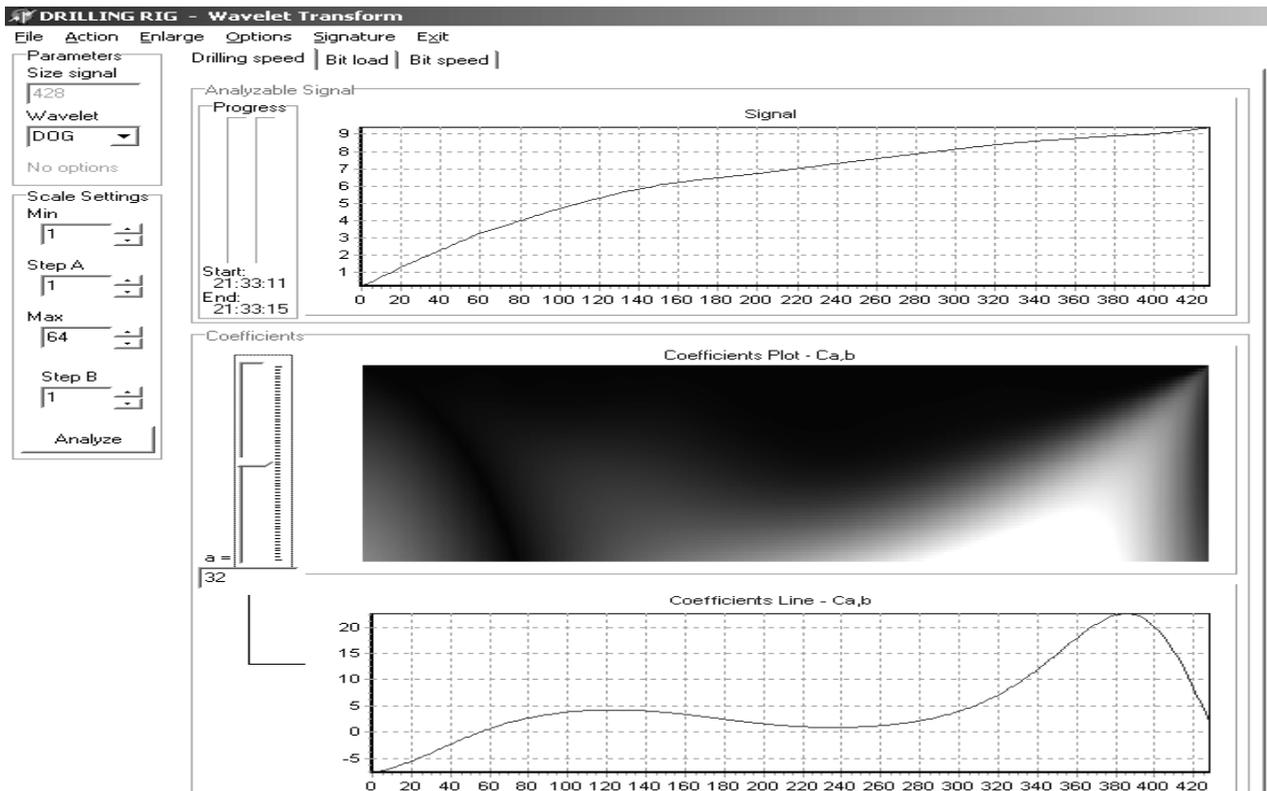


Рис. 3. Вейвлет-преобразования зависимости механической скорости v_M , м/ч, от частоты вращения n , об/мин, шарошечного долота диаметром 76 мм

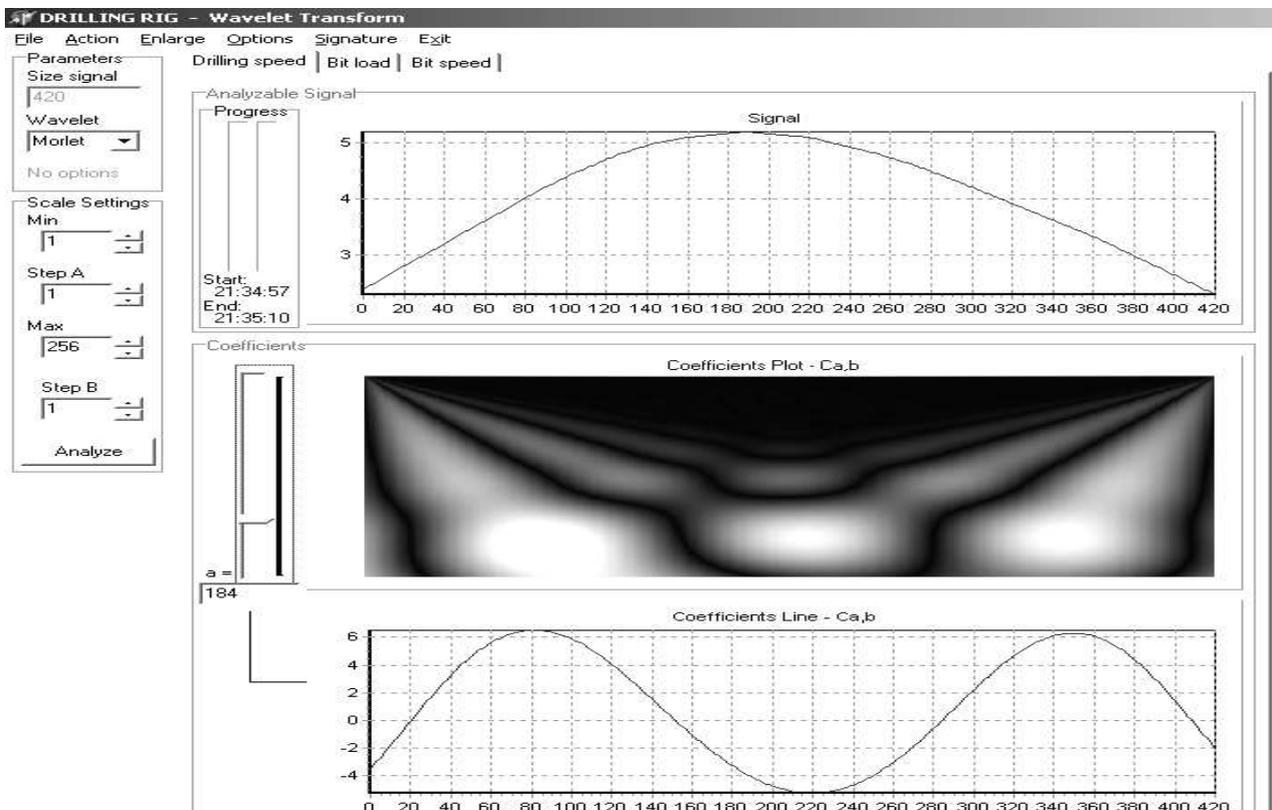


Рис. 4. Вейвлет-преобразования зависимости механической скорости v_M , м/ч, от частоты вращения n , об/мин, шарошечного долота диаметром 59 мм

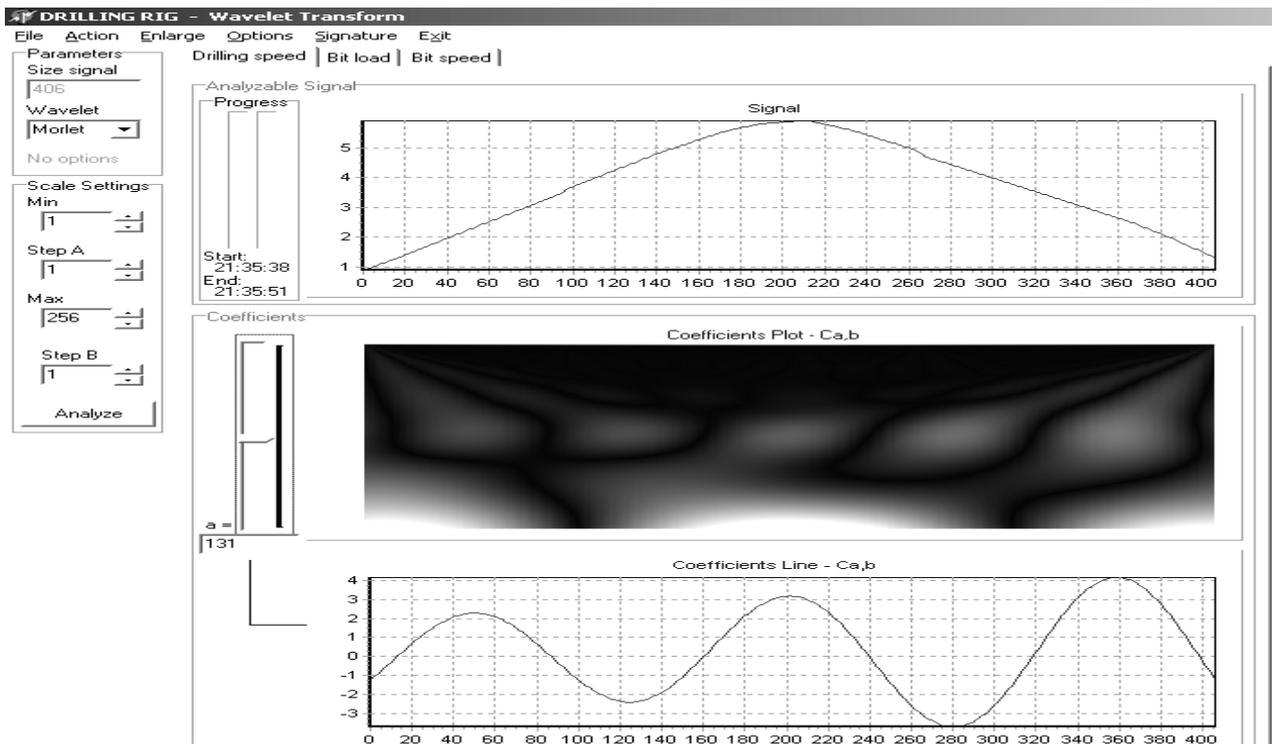


Рис. 5. Вейвлет-преобразования зависимости механической скорости бурения v_M , м/ч, от частоты вращения n , об/мин, твердосплавной коронки СА459 по породе – алевриты

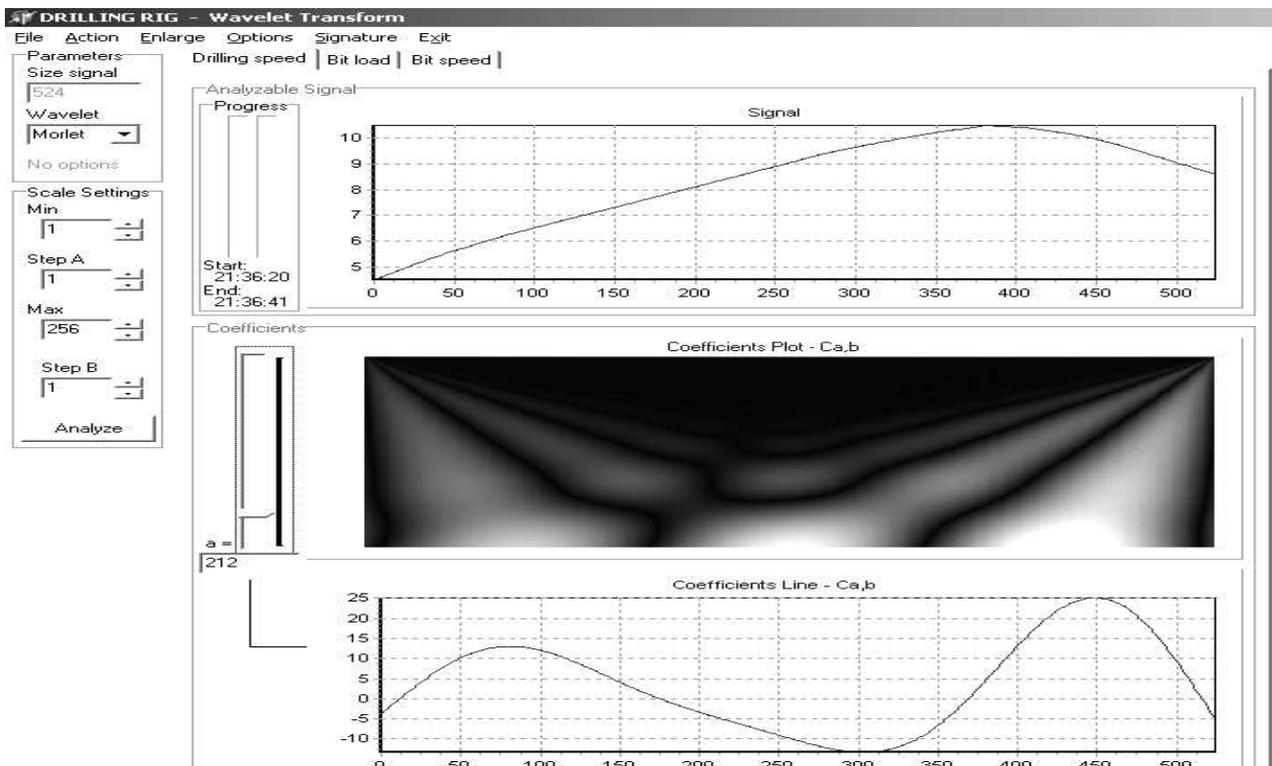


Рис. 6. Вейвлет-преобразования зависимости механической скорости бурения v_M , м/ч, от частоты вращения n , об/мин, твердосплавной коронки СА459 по породе – перидотиты

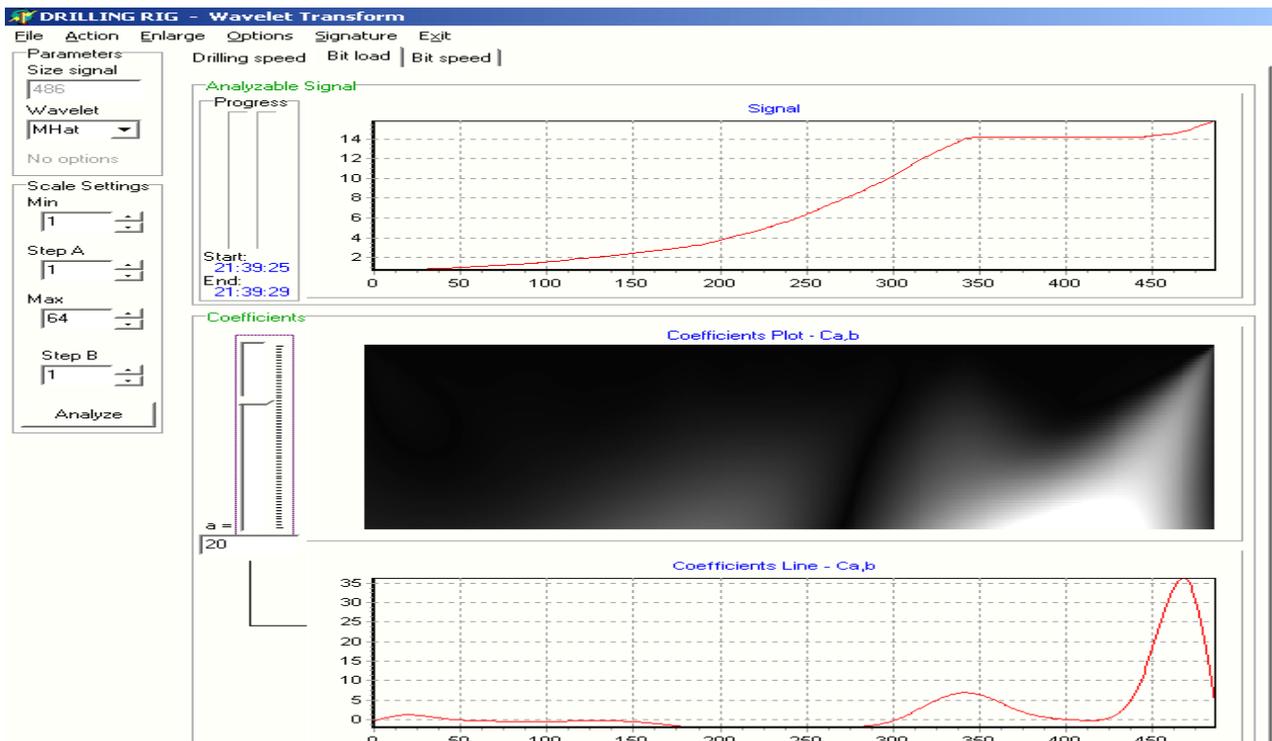


Рис. 7. Вейвлет-преобразования зависимости углубления h за один оборот породоразрушающего инструмента от осевой нагрузки P при постоянной частоте вращения

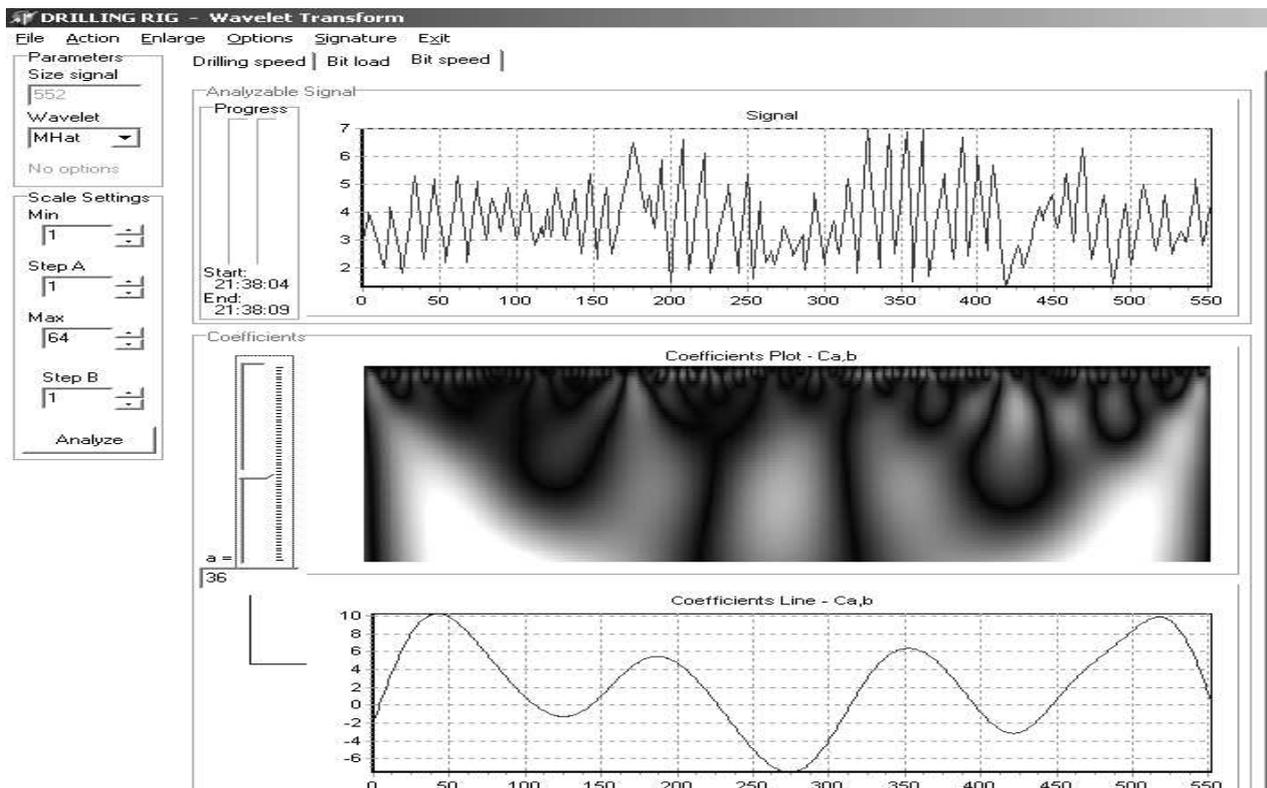


Рис. 8. Вейвлет-преобразования фрагмента зависимости колебаний мгновенной мощности привода буровой установки, отражающих работу алмазной коронки

Отличительной особенностью вейвлет-анализа является то, что в нем можно использовать семейства функций, реализующих различные варианты

соотношения неопределенности. Соответственно, имеется возможность гибкого выбора и применения тех вейвлетных функций, которые наиболее эффективно решают поставленные задачи. Вейвлетный базис пространства $L^2(R)$, $R(-\infty, \infty)$ целесообразно конструировать из финитных функций, принадлежащих этому же пространству, которые должны стремиться к нулю на бесконечности. Чем быстрее эти функции стремятся к нулю, тем удобнее использовать их в качестве базиса преобразования при анализе реальных информационных сигналов.

Рассматривая конкретный технологический процесс бурения с позиций исследования и выделения новых информативных параметров, можно сказать, что при бурении алмазными и твердосплавными коронками механическая скорость, как правило, пропорциональна частоте вращения снаряда, если создается достаточная осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент [2]. Следовательно, механическая скорость как информационный параметр зависит от того, какие частоты вращения снаряда могут использоваться в процессе бурения на заданную глубину. Экспериментальные исследования показали, что зависимость эта носит экстремальный характер [2]. Однако экстремальность эта часто имеет слишком пологое отображение. Для повышения ее градиентных характеристик в контурах АСУТП буровых установок целесообразно использовать вейвлет-преобразования с целью оптимизации частот вращения породоразрушающих инструментов, предусматриваемых в буровых станках.

Наиболее типичные отображения проведенного вейвлет-анализа относительно разных вейвлет-функций экспериментальных зависимостей [2] проходки на долото h_d , м, и механической скорости v_m , м/ч, от частоты вращения n , об/мин, шарошечного долота различных диаметров представлены на рис. 1 – 8. Как видно из рисунков, чем точнее локальная особенность информационного сигнала совпадает с соответствующей функцией вейвлета, тем эффективнее выделение этой особенности на соответствующей масштабной строке вейвлетного спектра. Нетрудно видеть также, что для сильно сжатых вейвлетов характерной локальной особенностью (которая хорошо выделяется) является скачок результирующего сигнала, причем выделяется не только скачок функции, но и направление скачка. На всех рисунках приведены полученные графические отображения как двумерных, так и трехмерных (вейвлетные поверхности) вейвлет-преобразований реальных сигналов отображения различных технологических режимов буровых установок. Видовые поверхности отражают изменения во времени спектральных компонент различного масштаба и определяют частотно-временной спектр. Поверхности могут изображаться на рисунках в виде изолиний или условными цветами. Для расширения диапазона масштабов может применяться логарифмическая шкала.

Список литературы

1. Мещеряков Л.И. Базова форма дисперсійної моделі гірничих технологічних комплексів // Сб. науч. тр. НГА. – 2004. – № 20. – С. 209–214.
2. Кардыш В.Г. Повышение эффективности работы буровых станков – М.: Недра, 1980.-184 с.