

**ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ  
ПРОГНОЗА ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ МАТЕРИАЛОВ**

© 2015

**К.Я. Васькин**, кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
*Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)*  
**Н.В. Хрипунов**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная информатика в экономике»  
*Поволжский государственный университет сервиса, Тольятти (Россия)*

*Ключевые слова:* информационная система; обрабатываемость материалов; акустическая эмиссия; цифровая обработка сигнала; процессное моделирование.

*Аннотация:* Системный подход широко применяется при модернизации бизнес-процессов, организационной структуры, корпоративного документооборота и экономических информационных систем. Использование приемов системного анализа при внедрении результатов технических исследований в настоящее время недостаточно освещено, поэтому направление работы, связанное с применением нотации IDEF0 к описанию системы, разрабатываемой по результатам научных исследований в области резания металлов, является актуальным.

Работа посвящена применению методов системного анализа при освоении результатов исследований оценивания интенсивности изнашивания металлорежущего инструмента по акустической эмиссии процесса резания. Использован анализ процессов в нотации IDEF0 для описания проектируемой информационной системы прогнозирования обрабатываемости материалов.

Построена контекстная диаграмма, содержащая внешние взаимодействия анализируемой системы. Внутренние взаимодействия анализируемой системы на верхнем уровне декомпозиции отражены на диаграмме декомпозиции первого уровня. Выполнена структуризация функций системы и необходимых для функционирования системы ресурсов в рамках входных, выходных, поддерживающих и регламентирующих параметров процессов. Предложены приемы прогнозирования обрабатываемости, основанные на использовании визуальных и численных представлений информации и применении современных технологий обработки слабоструктурированной информации.

В результате работы показано, что использование анализа процессов по методологии IDEF0 является эффективным средством, позволяющим на этапе внедрения результатов исследований структурировать информационные взаимодействия в рамках входных, выходных, управляющих и поддерживающих параметров процессов на различных уровнях детализации системы. Применение методов системного анализа к описанию системы прогнозирования обрабатываемости по сигналу акустической эмиссии позволило определить основные требования к информационной системе, конкретизация которых возможна в рамках принятой методологии при переходе на низшие уровни декомпозиции в описании процессов системы.

**ВВЕДЕНИЕ**

Устойчивое развитие машиностроительного предприятия связано с постоянным снижением производственных расходов, немалую часть которых составляют затраты на материалы, применяемые для изготовления деталей двигателя и трансмиссии. Новый материал, например конструкционная сталь, в первую очередь проверяется на удовлетворение конструкторских требований – для надежной работы детали в узле. Отличие в технологических характеристиках (обрабатываемость резанием) нового материала – величина вторичная и оценивается по соответствию механических свойств, структуры и химического состава, что недостаточно точно. Наиболее точно обрабатываемость может быть оценена в условиях действующего производства, но подобные испытания сопряжены с риском перерасхода инструмента, повышения трудоемкости и брака. И когда заготовка из нового материала с неудовлетворительной обрабатываемостью находится в обрабатывающих линиях основного производства, уже не время для подстройки технологического процесса, оптимизации условий обработки и других мероприятий. Традиционно для оценки обрабатываемости в лабораторных условиях применяли испытания с оценкой величины износа режущего инструмента – подобные испытания весьма затратны по трудоемкости и материалу.

Оценка обрабатываемости по сигналу акустической эмиссии широко представлена в исследованиях [1–19]

и обладает, по сравнению со стойкостными испытаниями, такими достоинствами, как возможность проведения в лабораторных условиях при незначительном расходе инструмента, материала и машинного времени. Практическое же использование сдерживается тем, что оценка обрабатываемости по сигналу акустической эмиссии предусматривает оперирование разнородными информационными потоками, такими как потоковые сигналы датчиков, результаты ранее проведенных испытаний, режим обработки и др. В подобных случаях при разработке информационной системы целесообразно применение процессного подхода и методологии IDEF0.

Цель работы – выполнить процессный анализ [20] системы оценки обрабатываемости по сигналу акустической эмиссии на базе методологии IDEF0.

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ**

В состав исследуемой системы (рис. 1) входят технологическое оборудование, измерительное оборудование, подсистема компьютерной регистрации сигнала, подсистема цифровой обработки сигнала, система анализа и прогноза обрабатываемости. Работа информационной системы состоит в том, чтобы на основе обработки и анализа данных о кратковременном процессе резания материала дать прогноз обрабатываемости (или обратную величину – интенсивность изнашивания) при обработке. При этом в системе реализованы следующие основные функции: регистрация акустического сигнала,

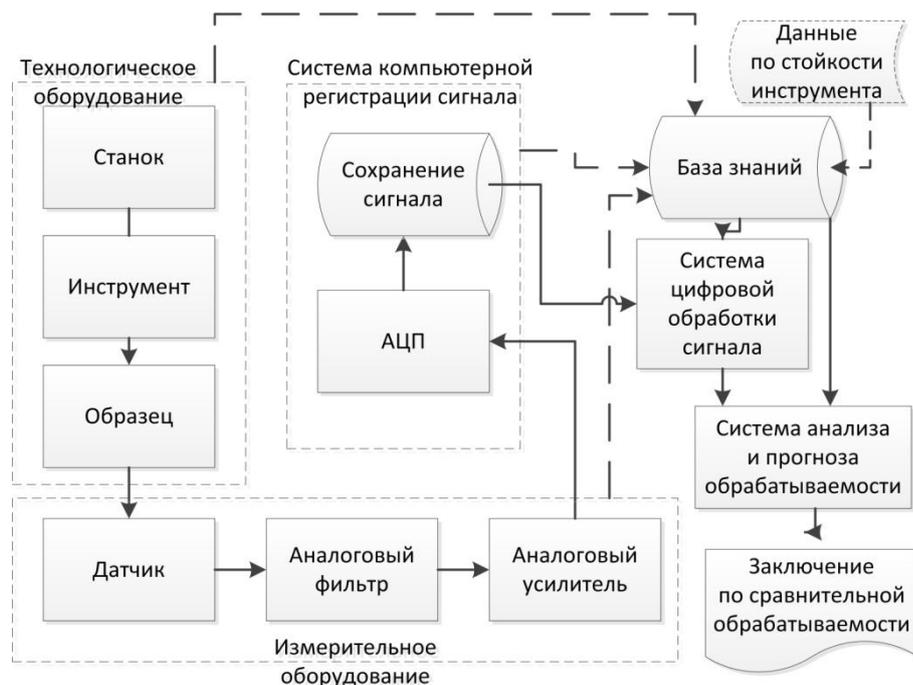


Рис. 1. Общая схема системы прогнозирования обрабатываемости по сигналу акустической эмиссии

обработка акустического сигнала с получением количественных и качественных характеристик, прогнозирование сравнительной обрабатываемости материалов на основе анализа количественных и качественных характеристик, регистрация реальных параметров обрабатываемости в базе знаний.

Для процессного описания использовано свободно распространяемое программное обеспечение RAMUS Educations, поддерживающее методологию IDEFO.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Контекстная диаграмма процесса прогнозирования обрабатываемости по сигналу акустической эмиссии (рисунок 2) описывает систему как единый процесс на уровне взаимодействия системы с окружением. Входом системы служат образцы материала и документация на образцы. Выходом системы являются заключения об обрабатываемости. Процесс поддерживается персоналом и оборудованием исследовательской лаборатории



Рис. 2. Диаграмма процессного анализа прогнозирования обрабатываемости по сигналу акустической эмиссии (контекстная диаграмма)

и регламентируется утвержденными на уровне предприятия методиками проведения испытаний при прогнозировании обрабатываемости по сигналу акустической эмиссии.

Диаграмма декомпозиции процесса прогнозирования обрабатываемости по сигналу акустической эмиссии (рисунок 3) описывает систему как совокупность четырех подсистем: генерация сигнала (процесс A1), обработка сигнала (процесс A2), сохранение информации (процесс A3) и анализа данных (процесс A4). При понижении уровня декомпозиции наряду с разложением процесса на подпроцессы конкретизируются входные, выходные, поддерживающие и регламентирующие параметры.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Графическое представление системы прогнозирования обрабатываемости по сигналу акустической эмиссии позволяет более четко структурировать функции системы и необходимые для функционирования системы ресурсы. Процесс генерации сигнала (A1) выполняется в унифицированных условиях испытаний (геометрия образцов, режущий инструмент, технологическая и измерительная оснастка, настройки измерительной аппаратуры, режимы обработки). Условия проведения испытаний и результаты в виде исходного сигнала акустической эмиссии сохраняются в базе знаний. Также исходный сигнал проходит первичную обработку в блоке A2 с предоставлением результатов в блоке A4. По этим данным формируется запрос к базе знаний (блок A3) для поиска аналогов и извлечения соответствующей информации по ранее проведенным испытаниям.

Обработка исходного сигнала в блоке A2 порождает некоторый набор данных, используемых для прогноза в блоке A4. Результаты, передаваемые в A4, являются представлениями характеристик сигнала, полученных

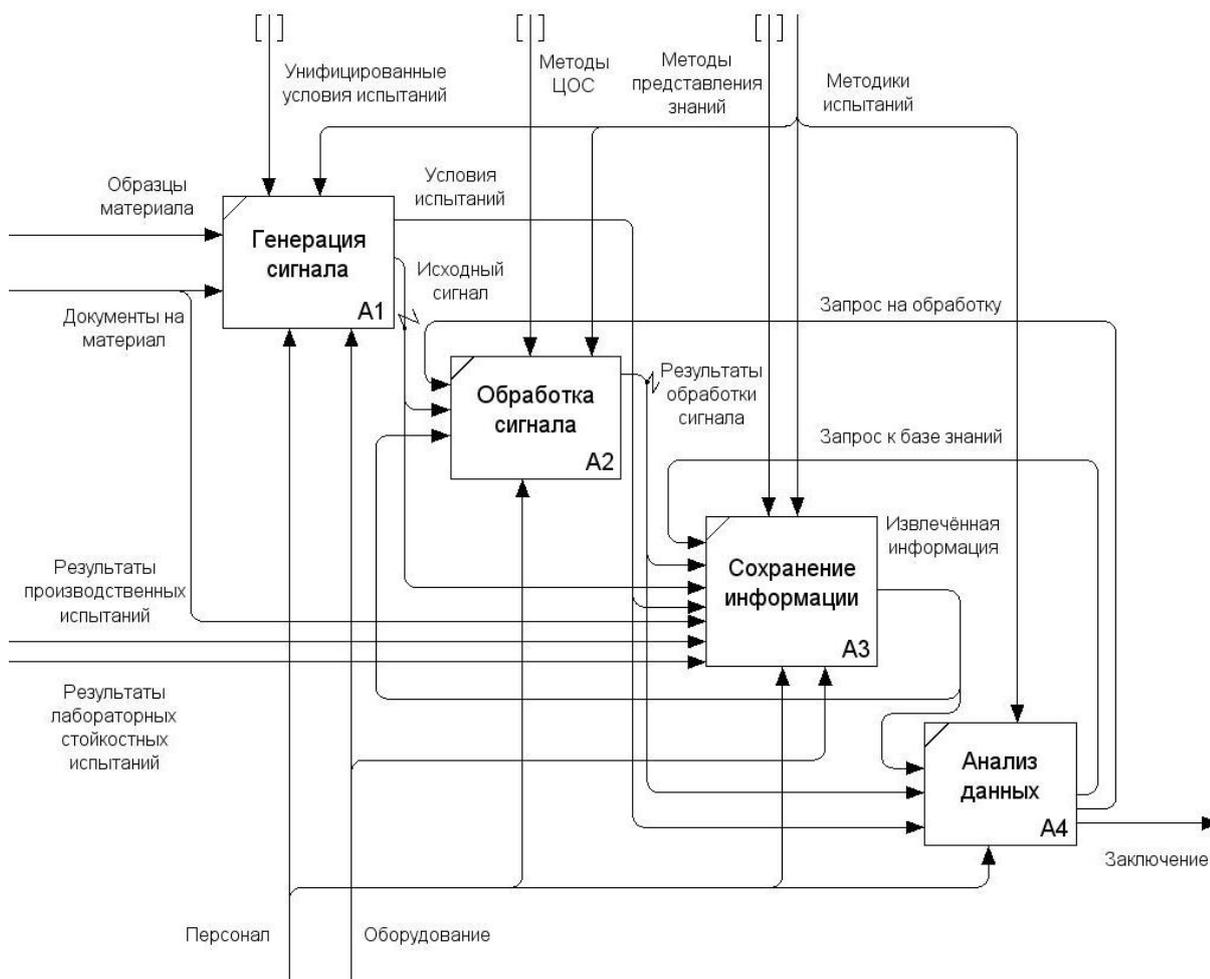


Рис. 3. Диаграмма процессного анализа прогнозирования обрабатываемости по сигналу акустической эмиссии (диаграмма декомпозиции)

с применением различных методов цифровой обработки. Числовые представления используются для количественного сравнения, визуальные представления используются для качественного сравнения. Существует возможность передачи визуальных представлений в расчетный блок A2 для выражения визуально отмеченных отличий в численных представлениях.

Результаты обработки представляют собой в общем случае многомерные массивы, на основании которых формируются представления, которые допускают численное или визуальное сравнение – соответственно численное и визуальное представления. В качестве методов получения представлений (методы ЦОС, см. рисунок 2) могут быть использованы интегральное усреднение, интервальное усреднение, визуальный анализ и нечеткая кластеризация и т. п.

Использование визуальных представлений обеспечивает более полный учет особенностей сигнала акустической эмиссии при прогнозировании обрабатываемости. Например, трехмерный график энергии сигнала при фрезеровании стали 18Х1Г1ФР, показанный на рисунке 4, позволяет выделить отдельные энергетические пики вне областей врезания и выхода инструмента, что может свидетельствовать о наростообразовании.

Численно замеченная визуально особенность может быть оценена с использованием запроса на обработку из блока A4 – анализ данных – в блок A2 – обработка сигнала – с заданными условиями, например, исключая из рассмотрения врезание и выход инструмента, и с выбранным методом, например, нечеткая кластеризация.

Подсистема A4 – анализ – представляет собой интеллектуальную изначально слабоформализованную среду для анализа представлений, рассчитанных в A2 с прогнозом относительной обрабатываемости сравниваемых материалов. Среди представлений выделяют группу основных и группу дополнительных. Основные представления немногочисленны и служат для укрупненной оценки сравнительной обрабатываемости. Дополнительные представления используются для уточнения (корректировки) прогноза и для корректировки уровня достоверности прогноза (необходимость повторного эксперимента). Избыточность инструментария и характеристик подсистемы A2 служит залогом развития и обучения системы в целом. Более того, хранение в базе знаний исходных сигналов позволяет совершенствовать и развивать инструментарий блока A2.

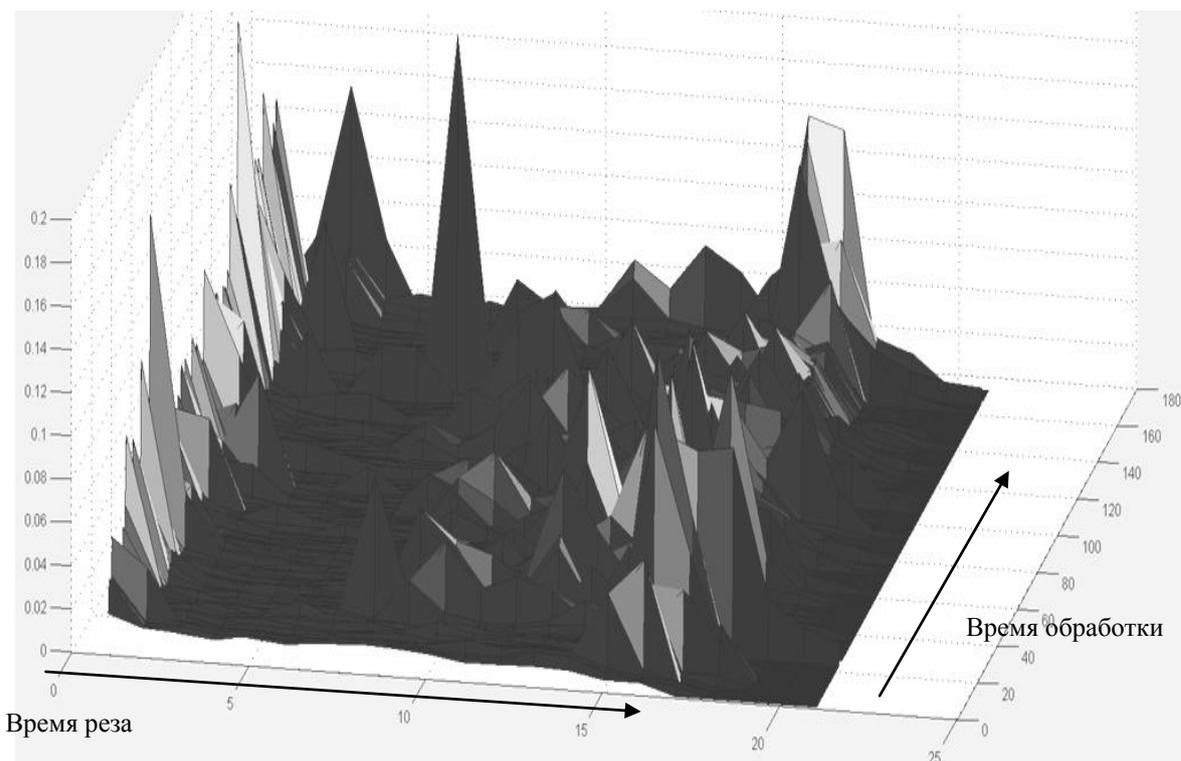


Рис. 4. Визуальное представление энергии сигнала при фрезеровании стали 18Х1Г1ФР

Организация базы знаний АЗ предусматривает хранение как структурированной информации по выполненным испытаниям, так и слабоструктурированной информации по результатам производственных и лабораторных стойкостных испытаний. Эффективное использование базы знаний для прогнозирования обрабатываемости материала связано с развитием управляющего параметра «Методы представления знаний» на основе современных информационных технологий работы со знаниями – экспертные оценки, Data Mining, Data Fusion and Integration, статистический анализ, технологии нечеткой логики.

#### ВЫВОДЫ

1. Использование методов системного анализа, в частности анализа процессов по методологии IDEF0, обеспечивает структурированное представление информации о входных, выходных, управляющих и поддерживающих параметрах системы на различных уровнях детализации.

2. Применение методологии IDEF0 к описанию системы прогнозирования обрабатываемости по сигналу акустической эмиссии на верхнем уровне детализации позволяет более четко структурировать функции системы и определить необходимые для функционирования системы ресурсы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барзов А.А. Эмиссионная технологическая диагностика. М.: Машиностроение, 2005. 384 с.
2. Васькин К.Я., Хрипунов Н.В. Прогнозирование обрабатываемости металлов по акустико-эмиссионным показателям процесса резания // Проблемы

машиностроения и автоматизации. 2014. № 1. С. 90–98.

3. Барзов А.А., Кулагин А.Ю., Шашурин В.Д. Зависимость акустической эмиссии при резании от геометрии заточки инструмента // Металлорежущий и контрольный инструмент. 1980. № 2. С. 71–73.
4. Суворов А.А., Барзов А.А. Применение метода акустической эмиссии к исследованию обрабатываемости материалов резанием // Известия ВУЗов. Машиностроение. 1979. № 3. С. 150–153.
5. Барзов А.А., Вдовин А.А., Игонькин Б.А. Исследование обрабатываемости полимерных композиционных материалов методом акустико-электрической диагностики // Сб. трудов МВТУ. Применение пластмасс в машиностроении. 1984. № 20. С. 31–58.
6. Барзов А.А. Акусто-электрическая диагностика процесса механической обработки материалов резанием // Труды МВТУ. Прогрессивные физико-химические методы обработки труднообрабатываемых материалов. 1986. № 453. С. 52–60.
7. Барзов А.А., Голдобин Н.Д. Исследование нестационарной механики резания пластмасс на основе анализа электроакустических явлений // Сб. трудов МВТУ. Применение пластмасс в машиностроении. 1981. № 18. С. 28–54.
8. Подураев В.Н., Суворов А.А., Барзов А.А. Исследование процесса резания методом акустической эмиссии // Известия ВУЗов. Машиностроение. 1976. № 12. С. 160–163.
9. Подураев В.Н., Барзов А.А., Горелов В.А. Технологическая диагностика резания методом акустической эмиссии. М.: Машиностроение, 1988. 54 с.

10. Дией Е.Н., Дорнфельд Д.А. Модель акустической эмиссии, генерируемой разрушением инструмента при обработке резанием // Труды американского общества инженеров-механиков. Конструирование и технология машиностроения. 1988. № 3. С. 87–96.
11. Дией Е.Н., Дорнфельд Д.А. Диагностика износа инструмента при торцевом фрезеровании методом акустической эмиссии // Труды американского общества инженеров-механиков. Конструирование и технология машиностроения. 1988. № 3. С. 97–108.
12. Emel E., Kannatey-Asibe E. Tool failure monitoring in turning by pattern recognition analysis of AE signals // Trans. ASME. J. Eng. Ind. 1988. Vol. 110. № 2. P. 137–145.
13. Lee M., Wildes D.G., Keramati B. Effect of tool geometry on acoustic intensity // CIRP Ann. 1988. Vol. 37. № 1. P. 57–60.
14. Сравнительный спектральный анализ шумоподобных акустических сигналов при мониторинге и диагностике промышленного оборудования / И.А. Растегаев [и др.] // Контроль. Диагностика. 2012. № 10. С. 80–87.
15. Сидоров А.С. Подходы к решению задачи прогноза в системе оперативной диагностики состояния режущего инструмента // Мехатроника, робототехника, автоматизация. 2006. № 1. С. 158–164.
16. Хрипунов Н.В. Практическая методология оценки обрабатываемости материалов по акустической эмиссии // Актуальные проблемы технических наук: сб. ст. междунар. научно-практ. конф. Уфа, 2014. С. 101–103.
17. Хрипунов Н.В. Информационная система прогноза обрабатываемости материалов // Информационные системы и технологии: управление и безопасность. Тольятти: ПВГУС, 2012. С. 295–305.
18. Blum T., Inasaki I. A Study of Acoustic Emission from Orthogonal Cutting Process // ASME J. Eng. Ind. 1990. № 112. P. 203–211.
19. Liang S.Y., Dornfeld D.A. Detection of Cutting Tool Wear Using Time Series Modeling of Acoustic Emission Signals // ASME J. Eng. Ind. 1989. № 111. P. 199–205.
20. Вдовин В.М., Суркова Л.Е., Валентинов В.А. Теория систем и системный анализ. М.: Дашков и К, 2010. 640 с.
5. Barzov A.A., Vdovin A.A., Igonkin B.A. Study of polymer composite materials machinability using the methods of acoustic electrical assessment. *Sbornik trudov MVTU. Primenenie plastmass v mashinostroenii*, 1984, no. 20, pp. 31–58.
6. Barzov A.A. Acoustic electrical assessment of the process of mechanical cutting treatment of materials. *Trudi MVTU. Progressivnie fiziko-khimicheskie metodi obrabotki trudnoobrabativalnykh materiallov*, 1986, no. 453, pp. 52–60.
7. Barzov A.A., Goldobin N.D. Study of displaceable mechanics of plastic materials cutting on the basis of electro-acoustic phenomena analysis. *Sbornik trudov MVTU. Primenenie plastmass v mashinostroenii*, 1981, no. 18, pp. 28–54.
8. Poduraev V.N., Suvorov A.A., Barzov A.A. Study of cutting process using the acoustic emission method. *Izvestiya VUZov. Mashinostroenie*, 1976, no. 12, pp. 160–163.
9. Poduraev V.N., Barzov A.A., Gorelov V.A. *Tekhnologicheskaya diagnostika rezaniya metodom akusticheskoy emissii* [Technological diagnostics of cutting using the acoustic emission method]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1988, 54 p.
10. Diey E.N., Dornfeld D.A. Model of acoustic emission generated by the tool destruction during cutting processing. *Trudi amerikanskogo obshchestva inzhenerov-mekhanikov. Konstruirovaniye i tekhnologiya mashinostroeniya*, 1988, no. 3, pp. 87–96.
11. Diey E.N., Dornfeld D.A. Tool wear assessment during face milling using the acoustic emission method. *Trudi amerikanskogo obshchestva inzhenerov-mekhanikov. Konstruirovaniye i tekhnologiya mashinostroeniya*, 1988, no. 3, pp. 97–108.
12. Emel E., Kannatey-Asibe E. Tool failure monitoring in turning by pattern recognition analysis of AE signals. *Trans. ASME. J. Eng. Ind.*, 1988, vol. 110, no. 2, pp. 137–145.
13. Lee M., Wildes D.G., Keramati B. Effect of tool geometry on acoustic intensity. *CIRP Ann*, 1988, vol. 37, no. 1, pp. 57–60.
14. Rastegaev I.A., Merson D.L., Rastegaeva I.I., Vinogradov A.Yu., Chugunov A.V. Comparative Spectral Analysis of Noise-Like Acoustic Signals During Monitoring and Diagnostics of Industrial Facilities. *Kontrol. Diagnostika*, 2012, no. 10, pp. 80–87.
15. Sidorov A.A. Approaches to the resolving of issues of prognosis in the system of on-line diagnostics of cutting tools. *Mekhatronika, robototekhnika, avtomatizatsiya*, 2006, no. 1, pp. 158–164.
16. Khripunov N.V. Practical methodology of materials machinability assessment using the acoustic emission. *Sbornik statey mezhdunar. nauchno-prakt. konf. "Aktualnye problemi tekhnicheskikh nauk"*. Ufa, 2014, pp. 101–103.
17. Khripunov N.V. Information system for materials machinability assessment. *Informatsionnye sistemi i tekhnologii: upravlenie i bezopasnost*. Tolyatti, PVGUS publ., 2012, pp. 295–305.
18. Blum T., Inasaki I. A Study of Acoustic Emission from Orthogonal Cutting Process. *ASME J. Eng. Ind.*, 1990, no. 112, pp. 203–211.

## REFERENCES

1. Barzov A.A. *Emissionnaya tekhnologicheskaya diagnostika* [Emission technological assessment]. Moscow, Mashinostroenie publ., 2005, 384 p.
2. Vas'kin K.Ya., Khripunov N.V. Forecasting of metals workability of the acoustic emission indicators of cutting. *Problemi mashinostroeniya i avtomatizatsii*, 2014, no. 1, pp. 90–98.
3. Barzov A.A., Kulagin A.Yu., Shashurin V.D. Dependence of acoustic emission during cutting on the geometry of tool sharpening. *Metallorazhushchiy i kontrolniy instrument*, 1980, no. 2, pp. 71–73.
4. Suvorov A.A., Barzov A.A. Application of acoustic emission method to the study of materials cutting machinability. *Izvestiya VUZov. Mashinostroenie*, 1979, no. 3, pp. 150–153.

19. Liang S.Y., Dornfeld D.A. Detection of Cutting Tool Wear Using Time Series Modeling of Acoustic Emission Signals. *ASME J. Eng. Ind.*, 1989, no. 111, pp. 199–205.
20. Vdovin V.M., Surkova L.E., Valentinov V.A. *Teoriya sistem i sistemnyy analiz* [Theory of systems and system analysis]. Moscow, Dashkov i K publ., 2010, 640 p.

**PROCESS APPROACH TO THE ORGANIZATION OF INFORMATION SYSTEM  
FOR MATERIALS MACHINABILITY ESTIMATION**

© 2015

**K.Y. Vaskin**, candidate of technical sciences,  
assistant professor of the Department «Equipment and machinery production technologies»  
*Togliatti State University, Togliatti (Russia)*

**N.V. Khripunov**, candidate of technical sciences,  
assistant professor of the Department «Applied informatics in economics»  
*Volga Region State University of Service, Togliatti (Russia)*

*Keywords:* information system; materials machinability; acoustic emission; digital signal processing; process modeling.

*Abstract:* System approach is widely used in modernization of business-processes, organizational structure, corporate documentation procedure and economical information systems. The application of methods of system analysis when introducing the results of engineering research is not covered sufficiently today, that is why the aspects of work related to the application of IDEF0 notation to the description of the system being worked out upon the results of scientific researches in the field of metal cutting is important now.

The work covers the application of methods of system analysis when assimilating the results of researches of assessment of metal cutting tool wear rate using the acoustic emission of cutting process. The authors used the analysis of processes in IDEF0 notation to describe the developed information system for material machinability estimation.

The authors developed the context diagram containing the external interactions of the analyzed system. The internal interactions of the analyzed system at the high decomposition level are displayed on the diagram of decomposition of the first level. The authors carried out the structuring of system functions and necessary for system functioning resources within the frames of input, output, supporting and regulating parameters of the processes. The article offers the methods of assessment of machinability based on the use of visual and numeric representations of the information and the application of modern technologies of semi-structured information processing.

The results of the research showed that the use of the process analysis according to the IDEF0 methodology is the effective tool allowing at the stage of the research results implementation to structure the information interactions within the frames of input, output, supporting and regulating parameters of the processes at different levels of the system detailing. The application of the system analysis methods to the description of the system for machinability assessment using the acoustic emission signal allowed identifying the basic requirements to the information system which specialization is possible within the frames of accepted methodology when moving to the lowest levels of decomposition in the system processes description.