

Бейлекчи Д.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: kaf-eivt@yandex.ru*

### **Задача оценки программно-аппаратной структуры при проектировании модуля беспроводной передачи речевой информации**

Основными задачами при создании оперативно-командных систем громкоговорящей связи являются задачи оптимизации их структуры, протоколов связи, программных алгоритмов, а также структуры аппаратной части систем по заданным критериям. При этом обеспечивается более эффективный обмен речевыми сигналами, эффективная и надежная передача данных, при повышенных требованиях к обеспечению достоверности обмена информацией в телекоммуникационной системе, а также к обеспечению минимальной задержки на установление соединений и конфигурированию программно-аппаратных структур с высокой размерностью.

Программно-аппаратная структура устройств систем телекоммуникаций может рассматриваться как сложная структурированная система с большим числом входов и элементов. Таким образом, выбор структурных программных и аппаратных элементов при проектировании или модернизации программного и аппаратного обеспечения можно формулировать как решение задачи при многокомпонентном критерии. [1]

Метод описанный в [2] предполагает синтез допустимых структур на основе оценки совокупности количественных показателей сочетания аппаратных и программных наборов и выбора на их основе только тех сочетаний, количественные значения параметров которых удовлетворяют требованиям технического задания и установкам разработчика. Данный метод применялся в задаче проектирования устройства беспроводной передачи речевой информации для системы громкоговорящей связи, структурная схема которого приведена на рис. 1. Основной задачей была реализация программно-аппаратной структуры модуля кодирования речевого сигнала.

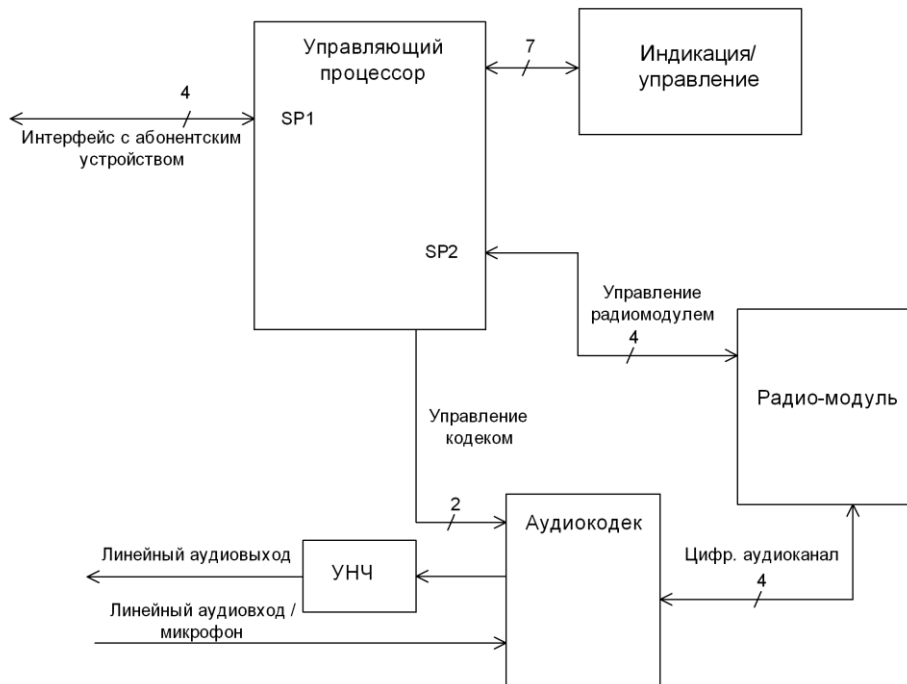


Рис. 1. – Структурная схема устройства беспроводной передачи речевой информации для системы громкоговорящей связи.

Аудиокодек представляет собой устройство, реализующее алгоритм сжатия речевого сигнала на базе вейвлет-преобразования. На основе блока квантования вейвлет-коэффициентов модуль обеспечивает адаптивное регулирование скорости цифрового потока в пределах 9-64 кБит и освобождение части полосы пропускания канала для передачи управляющих команд, текстовых данных и сигналов мониторинга, но при этом качество восстанавливаемого речевого сигнала пропорционально степени сжатия. [3]

Основной задачей было обеспечить аналогово-цифровое и цифро-аналоговое преобразование, алгоритм кодирования и декодирования на базе минимального количества элементов, с учетом минимальной стоимости реализации.

Была произведена оценка сочетания аппаратных и программных конфигураций, на базе семейств цифровых сигнальных процессоров TMS, микропроцессоров ARM, микроконтроллеров AVR ATmega и PIC18. с учетом основных критериев: требуемой производительности процессора, максимальной загрузкой ресурсов процессора и стоимости реализации с учетом средств разработки программного обеспечения. Обобщенные результаты оценки допустимых конфигураций приведены в таблице 1.

Таблица 1  
Параметры вариантов аппаратно-программной структуры модуля кодирования речевого сигнала

Тип процессора	Производительность, %	Стоимость, %	Загрузка, %
TMS320C5xx	87	100	18
ARM7	90	87	78
ARM Cortex M3	100	80	61
PIC18xx	45	48	100
ATmega	24	56	90

С учетом Парето-распределения критериев оценка вариантов определила, что наиболее дешевой без учета стоимости разработки программного обеспечения будет система на базе микроконтроллеров семейства PIC18xx, а с учетом стоимости - на базе процессоров семейства ARM Cortex M3.

Результаты дальнейшей разработки устройства на базе процессора STM32F103 архитектуры ARM Cortex M3 подтвердили корректность оценки программно-аппаратной структуры с использованием вышеуказанного метода оценки и позволили обосновать выбор программно-аппаратной структуры на этапе технического проекта.

### Литература

1. Кропотов Ю.А., Парамонов А.А. Методы проектирования алгоритмов обработки информации телекоммуникационных систем аудиообмена: моногр.- М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015.- 226с.
2. Бейлекчи Д.В. Метод автоматизированной оптимизации структуры аппаратно-программного обеспечения телекоммуникационных систем // Информационные системы и технологии. 2013. - №3. – С. 61-66.
3. Бейлекчи Д.В., Кропотов Ю.А. Исследование вопросов сжатия информационных потоков речевых сигналов с применением вейвлет-преобразования // Радиотехника. 2008. - №9. – С. 103-106.

Белов А.А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
e-mail: kaf-eivt@yandex.ru

### Выбор оптимальных уровней пороговой обработки при сжатии временных рядов в системе экологического мониторинга

Одной из подсистем системы экологического мониторинга является подсистема сжатия и резервного хранения данных.

Общее число датчиков системы контроля за выбросами может быть достаточно большим (к каждому ПК стационарного информационно-измерительного поста сбора системы контроля по различным интерфейсам может подключаться значительное число датчиков (например, по интерфейсу RS-485 подключается до 32 датчиков), а информация с датчиковой аппаратуры может собираться через короткие промежутки времени, поэтому необходимо сокращать объемы массивов накопленных значений временных рядов концентраций [1].

Любую систему сжатия можно представить в виде 2 основных блоков - кодера и декодера и вспомогательных блоков, зависящих от способа сжатия и распаковки временных рядов (рис. 1).



Рис. 1. Подсистема сжатия временного ряда

На первой стадии процесса сжатия преобразователь трансформирует временной ряд в некоторый формат, приспособленный для снижения избыточности между отсчетами ряда. На второй стадии блок квантования понижает точность выходных данных после преобразователя в соответствие с ранее оговоренным критерием точности. На последнем этапе процесса сжатия кодер строит оптимальную кодовую последовательность. Декодер выполняет обратные функции. Так как процедура квантования является необратимой, то блок обратного квантователя в схеме отсутствует.

Применение вейвлет-преобразования при сжатии временных рядов данных позволяет увеличить его эффективность, по сравнению с другими существующими алгоритмами. Вейвлет-преобразование выполняет подготовительные функции преобразования для повышения эффективности дальнейшего кодирования (сжатия) любым из известных методов.

Операция сжатия одномерных сигналов с удалением малозначимых значений вейвлет-коэффициентов также выполняется на основе определенных пороговых ограничений их значений, и во многом практически тождественна операции сглаживания [2].

Существуют несколько методик по выбору оптимальных пороговых уровней отсекающих детализирующих коэффициентов вейвлет-разложения ряда: стратегия высокой, средней и низкой редкости детализирующих коэффициентов (Scarce high, medium, low); стратегия выбора многоуровневого штрафного порога отсекающих детализирующих коэффициентов (Penalize high, medium, low); стратегия удаления детализирующих коэффициентов, стремящихся к нулю (Remove near 0); стратегия процентного баланса между нормой сжатого сигнала и количеством обнуленных детализирующих коэффициентов (Balance sparsity norm) [3].

Процедуру пороговой обработки можно осуществлять над любыми коэффициентами, полученными при разложении. Степень сходства исходного и сжатого сигналов можно выразить

через величину взаимной информации  $I(x_k, x_k^*)$ . Данная характеристика показывает, сколько информации об исходном сигнале  $x_k$  сохраняется в сжатом восстановленном  $x_k^*$  сигнале:

$$I(x_k, x_k^*) = \sum_{k=1}^t p(x_k, x_k^*) \cdot \log_{10} \frac{p(x_k, x_k^*)}{p(x_k) \cdot p(x_k^*)},$$

где  $p(x_k)$ ,  $p(x_k^*)$  - плотности распределения вероятностей отсчетов исходного и сжатого сигналов соответственно,  $p(x_k, x_k^*)$  - совместная плотность распределения вероятностей сигналов.

Работа выполнена при поддержке гранта президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых кандидатов наук и докторов наук № МК-2032.2018.5.

### Литература

1. Белов А.А., Кропотов Ю.А., Проскуряков А.Ю. Вопросы обработки экспериментальных временных рядов в электронной системе автоматизированного контроля // Вопросы радиоэлектроники. 2010. Т. 1. № 1. С. 95-101.
2. Белов А.А., Кропотов Ю.А. Исследование вопросов сжатия и поиска картографической информации методом вейвлет-преобразований в экологической геоинформационной системе // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2008. № 12. С. 9-14.
3. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. – М.: СОЛОН-Р, 2002, 439 с.

### Исследование алгоритма сжатия временных рядов в системе экологического мониторинга выбросов промышленных производств

Общий подход к сжатию одномерных временных рядов экспериментальных данных о концентрациях загрязняющих веществ, полученных в ходе контроля, на основе применения вейвлет-преобразования заключается в следующем:

- над исходным временным рядом выполняется одномерное дискретное вейвлет-преобразование. В результате получается аппроксимирующие  $S$  и детализирующие вейвлет-коэффициенты разложения  $d$ ;
- посредством глобальной или локальной многоуровневой пороговой обработки отбрасываются коэффициенты, имеющие значения, не превышающий порог, хранящие минимум энергии[1];
- оставшиеся после пороговой обработки коэффициенты сохраняются;
- осуществляется упаковка сохраненных вейвлет-коэффициентов любым алгоритмом сжатия;
- сжатые данные распаковываются в соответствии с алгоритмом;
- при восстановлении сжатого временного ряда, отброшенные ранее коэффициенты заменяются нулями.

На основании приведенного алгоритма разработана схема сжатия временного ряда с использованием вейвлет-преобразования (рис. 1).

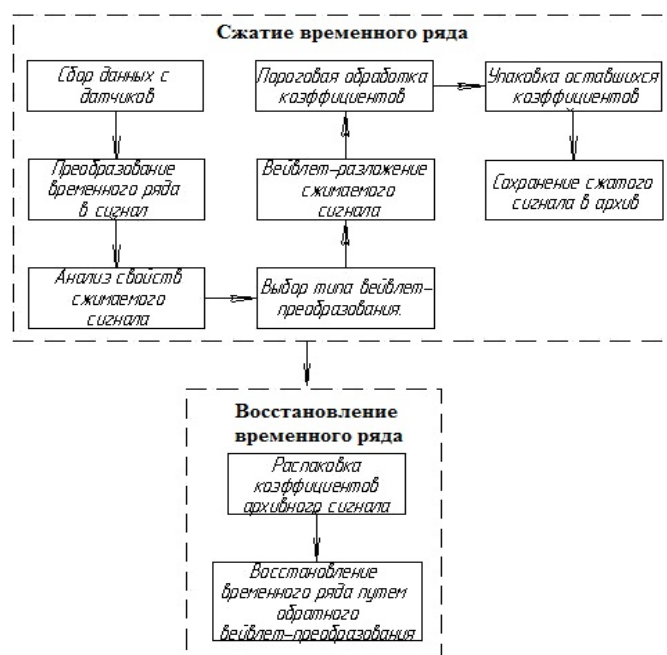


Рис. 1. Алгоритм сжатия и восстановления временного ряда

Вейвлет-преобразование позволяет реализовать сжатие временного ряда с потерями [2], то есть восстановленный ряд будет отличаться от исходного, однако, практически вся информация об изменениях уровня концентраций загрязняющих веществ сохранится.

Процедура сжатия с помощью вейвлет-преобразования практически тождественна процедуре удаления шума временных рядов посредством пороговой обработки. Пороги могут быть мягкими и жесткими. Пороговые функции при мягком и жестком трешолдинге соответственно описываются:

$$d_{i,k}^* = \begin{cases} d_{i,k} - \delta, & \text{при } d_{i,k} > 0, |d_{i,k}| \geq \delta \\ d_{i,k} + \delta, & \text{при } d_{i,k} < 0, |d_{i,k}| \geq \delta, \\ 0, & \text{при } |d_{i,k}| < \delta \end{cases} \quad d_{i,k}^* = \begin{cases} d_{i,k}, & \text{при } |d_{i,k}| \geq \delta \\ 0, & \text{при } |d_{i,k}| < \delta \end{cases}$$

где  $d_{i,k}$  и  $d_{i,k}^*$  - коэффициенты детализации вейвлет-разложения до и после проведения трешолдинга,  $\delta$  - пороговый уровень.

Чем выше порог отсекаемых вейвлет-коэффициентов, тем сильнее сжатие, но меньше информативной части экспериментального временного ряда сохраняется в оставшихся коэффициентах, вследствие чего резко падает качество восстанавливаемых рядов [3]. Оптимальный пороговый уровень  $\delta$  должен удовлетворять критерию равенства между числом обнуленных вейвлет-коэффициентов разложения и остаточной энергией временного ряда концентраций. Для этого строят графики процентного соотношения нулевых коэффициентов и остаточной энергии сигнала в зависимости от порогового уровня. Абсцисса их точки пересечения указывает на оптимально выбранный порог.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-48-330726 p\_a

### Литература

1. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. – М.: СОЛОН-Р, 2002, 439 с.
2. Воробьев В.И., Грибунин В.Г Теория и практика вейвлет-преобразования. - СПб.: Изд-во ВУС, 1999, 208 с.
3. Белов А.А., Кропотов Ю.А., Проскураков А.Ю. Вопросы обработки экспериментальных временных рядов в электронной системе автоматизированного контроля // Вопросы радиоэлектроники. Серия общетехническая.–2010.- №1. - С. 95-101- Библиогр.: с. 101.

Догадина Е.П.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
e-mail: kaf-eivt@yandex.ru*

### **Применение математической модели управления параметрами производственного процесса мелкосерийного производства**

Поскольку создаваемая автоматизированная система предназначена для работы одновременно с несколькими пользователями, которые физически могут находиться в разных местах, разработанный программный продукт, реализующий данную автоматизированную систему управления, должен быть построен по клиент-серверной архитектуре.

Автоматизированная система разработана с применением объектно-ориентированного языка программирования Delphi (производный от Object Pascal) и СУБД Firebird. Система предназначена для использования под операционной системой Windows версий 98/2000/XP/Vista/7, для функционирования системы требуется установленный сервер баз данных Firebird не ниже версии 2.0.

При разработке системы необходимо учитывать следующие условия [1, 2]:

Условие, когда запрещается прерывать выполнение операции, записывается в виде:

$$t_{O_m}^{нач} + T_{O_m} = t_{O_m}^{кон},$$

где  $t_{O_m}^{нач}$  – момент начала обработки операции  $O_i$  на оборудовании  $m$ ,  $T_{O_m}$  – время обработки операции  $O_i$  на оборудовании  $m$ ,  $t_{O_m}^{кон}$  – момент окончания обработки операции  $O_i$  на оборудовании  $m$ .

Условие, когда момент начала выполнения следующей операции по обработке изделия при последовательном виде движения не может начаться раньше, чем завершится обработка данной операции, записывается выражением:

$$t_{O_m}^{нач} \geq t_{O_{i-1m}}^{кон}$$

Условие, когда момент начала выполнения следующей операции по обработки изделия при последовательно – параллельном виде движения должен превышать момент начала выполнения предыдущей операции на минимальный возможный интервал времени ( $t_{\min}$ ),

записывается в виде:

$$t_{O_{i-1m}}^{кон} - t_{O_m}^{нач} \geq t_{\min}$$

Следует отметить, что нет смысла добиваться строгой аналитической формулировки некоторых ограничений, особенно отражающих динамические зависимости, т. к. алгоритмическое соблюдение приведенных выше ограничений не вызывает никаких затруднений. [3]

Таким образом, задача заключается в том, чтобы для производственного предприятия с заданными маршрутами обработки изделий необходимо построить такой вариант управления, который удовлетворял бы заданным условиям и ограничениям, и был наиболее близок к выбранному критерию оптимальности. Разработанное программное обеспечение может выполнять функции масштабирования диаграммы Ганта, ручной корректировки длительности операций при изготовлении изделия, смещения времени начала и завершения операции, корректировки (переноса) процесса изготовления с одного оборудования на другое.

При построении графика загрузки оборудования учитывается условие проверки оборудования на пригодность к работе. Если пользователь составляет график и какое-то оборудование, участвующее в графике, находится в ремонте или не исправно, то программой выдается соответствующее предупреждение.

Разработанное программное обеспечение позволяет оценить и скорректировать загрузку оборудования по поточным линиям и временным интервалам.

### Литература

1. Догадина Е. П., Кропотов Ю. А., Суворова Г. П. Математическая модель определения вероятностей состояний системы обслуживания // Радиотехника. 2009. № 11. С. 103-105.
2. Догадина Е. П. Функциональная модель управления производственными процессами с последовательной ячеистой структурой // Методы и устройства передачи и обработки информации. 2011. № 1. С. 119-120.
5. Догадина Е. П., Коноплев А. Н. Многокритериальное управление процессами мелкосерийного производства радиоэлектронной аппаратуры // Методы и устройства передачи и обработки информации. 2011. № 1. С. 121-123.



Колпаков А.А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: kaf-eivt@yandex.ru

### Разработка структур систем обработки данных для гетерогенных компьютерных систем с повышенной производительностью

GPGPU-программу можно условно представить при помощи следующих множеств:

- множество шейдеров, выполняющих вычисления;
- множество переменных, управляющих вычислениями;
- множество данных, над которыми проходят вычисления и в которые заносятся их результаты;
- множество инструкций, которые запускают тот или иной шейдер, предоставляют ему на вход те или иные данные и выводят результат в некоторую текстуру.

Как известно, элементарным примитивом для визуализации, с которым работает графический процессор, является треугольник. При этом с каждой вершиной треугольника можно связать ограниченный набор произвольных данных, например ее цвет, нормаль и другие пользовательские данные. С самим примитивом может быть ассоциировано до 8 текстур – одно-, двух-, и трехмерные изображения. Структурная схема обработки данных на основе вершинных и пиксельных программ представлена на рисунке 1.

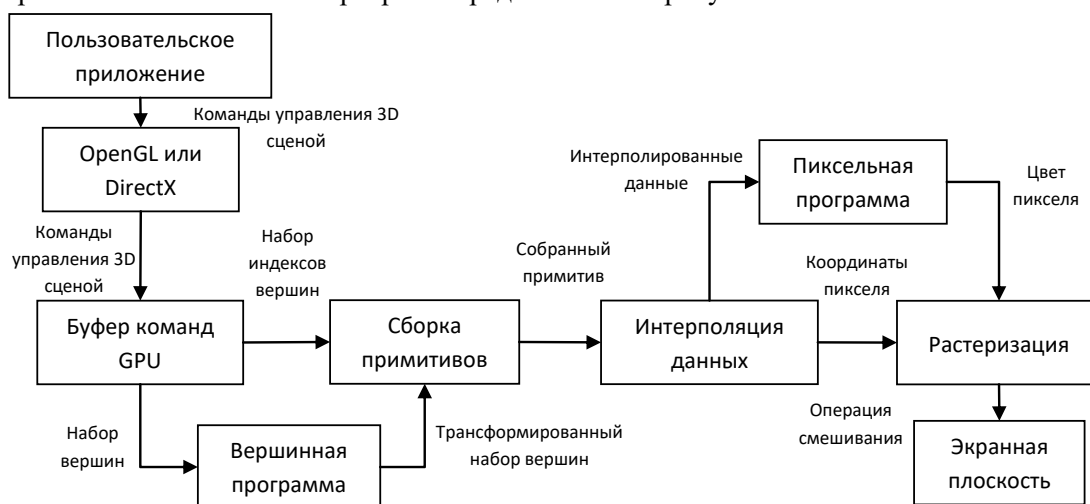


Рисунок 1. Схема разработанной локальной вычислительной сети в в симуляторе сети передачи данных Packet Tracer

В ходе исследования эффективности разработанных алгоритмов обработки информации была использована задача нахождения нулевых битовых векторов, которая решается с применением генетических алгоритмов [42]. При решении указанной задачи основное время работы занимают параллельные вычисления значений функций приспособленности различных особей, операций скрещивания и мутации. Используемый алгоритм ее решения имеет свойства, характерные для многих генетических алгоритмов:

1. Представление особи в виде битовой строки.
2. Малое число логических операций при вычислении функции приспособленности, выполнении мутации и скрещивания.
3. Последовательный доступ к памяти.

Данные свойства позволяют эффективно использовать вычисления на графическом процессоре.

Операция мутации стандартна для таких особей — изменение значения одного случайного бита. В качестве операции скрещивания используется одноточечный кроссовер.

Функцией приспособленности особи является число единиц в ней. Соответственно, необходимо вывести идеальную особь с нулевой функцией приспособленности. Существует алгоритм, позволяющий вычислять число единиц в 32-битном числе, используя только арифметические операции.

Для проведения экспериментальной оценки эффективности работы алгоритма повышения производительности обработки данных использовалась тестовая компьютерная система следующей конфигурации: центральный процессор Intel Core 2 Quad Q9400 (2.66GHz), ОЗУ 8GB, графическая карта Nvidia GeForce GTX560 2Gb 336 потоков, операционная система Windows 7 x64, компилятор MS Visual Studio 2008 в release режиме.

Исследовалось среднее время, потраченное на получение нового поколения для различных размеров задачи и числа особей в поколении.

Для этого запускалось несколько итераций получения очередного поколения (около 100 – 1000 запусков) и общее время, потраченное на всю работу алгоритма, делилось на число полученных поколений.

При исследовании производительности первой тестовой задачей изменялось количество 32-битных целых чисел в массиве (M) и число параллельных потоков (N).

Исследовалось среднее время  $t$ , потраченное на получение нового поколения для различного количества 32-битных целых чисел в массиве и числа параллельных потоков. Исследования проводились с использованием технологий OpenCL и NVIDIA CUDA [4]. Результаты исследований среднего времени, потраченного на получение нового поколения, для параметра  $M = 10$  приведены на рисунке 2.

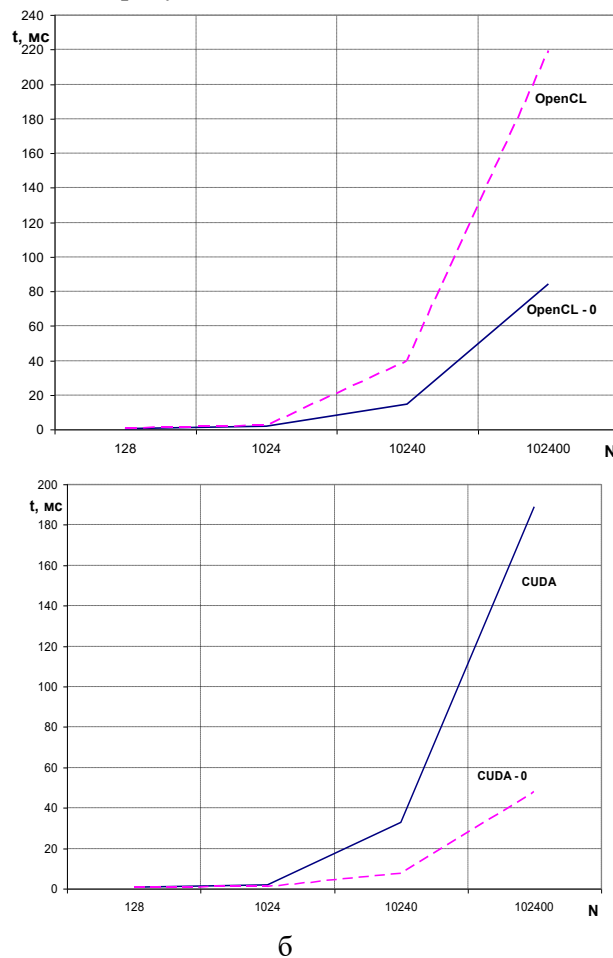


Рисунок 2. Среднее время, потраченное распараллеленной системой на получение нового поколения, при  $M = 10$ , а: OpenCL – базовый алгоритм, OpenCL-O – разработанный алгоритм, б: CUDA – базовый алгоритм, CUDA-O – разработанный алгоритм.

На рис. 10 графики OpenCL и CUDA показывают время выполнения базового алгоритма, OpenCL-О и CUDA-О – с применением разработанного алгоритма повышения производительности обработки данных. Как видно из графиков, при значении параметра  $M = 10$  применение разработанного алгоритма оптимизации дает рост производительности: в случае применения OpenCL время обработки для 128 потоков сокращается с 1,08 мс до 0,75 мс и с 219 мс до 84,2 мс для 102400 потоков. В случае применения NVIDIA CUDA время обработки сокращается с 0,85 мс до 0,74 мс для 128 потоков и со 189 мс до 48,4 мс для 102400 потоков [4].

Список используемых источников:

1. Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования. Т. 1: Вычислительная математика. / Под ред. Бахвалов Н. С., Воеводин В. В. – М.: Наука, 2005. – 342 с.

2. Колпаков, А. А. Аспекты оценки увеличения производительности вычислений при распараллеливании процессоров вычислительных систем / А.А. Колпаков // Методы и устройства передачи и обработки информации. – 2011. – №1(13). – С. 124-127.

3. Колпаков, А. А. Теоретическая оценка роста производительности вычислительной системы при использовании нескольких вычислительных устройств / А.А. Колпаков // В мире научных открытий. – 2012. – №1. – С. 206-209.

4. Кропотов, Ю. А. Экспериментальные исследования закона распределения вероятности амплитуд сигналов систем передачи речевой информации / Ю.А. Кропотов // Проектирование и технология электронных средств. – 2006. – Т.4. – С. 37-42.

5. Кропотов, Ю. А., Проскуряков А. Ю., Белов А. А., Колпаков А. А. Модели, алгоритмы системы автоматизированного мониторинга и управления экологической безопасности промышленных производств / Ю.А. Кропотов, А. Ю. Проскуряков, А. А. Белов, А.А. Колпаков // Системы управления, связи и безопасности. – 2015. – №2. – С. 184-197.

6. Кропотов, Ю. А., Белов А. А., Проскуряков А. Ю., Колпаков А. А. Методы проектирования телекоммуникационных информационно-управляющих систем аудиообмена в сложной помеховой обстановке / Ю.А. Кропотов, А. А. Белов, А. Ю. Проскуряков, А.А. Колпаков // Системы управления, связи и безопасности. – 2015. – №2. – С. 165-183.

7. Kropotov, Ju.A. Identification of Models for Discrete Linear Systems with Variable, Slowly Varying Parameters / V.A. Ermolaev, V.T. Eremenko, O.E. Karasev, Ju.A. Kropotov // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2010. – vol. 55, № 1. – P. 52-57.

Кропотов Ю.А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
e-mail: kaf-eivt@yandex.ru

### Методы адаптивной фильтрации для подавления внешних акустических помех в системах телекоммуникаций аудиообмена

Согласно исследованиям в [1, 2] для корректного приема передаваемого речевого сообщения по зашумленному каналу, требуется обеспечить отношение  $P_c/P_{ак. пом.}$  не менее 20 дБ. Поэтому при проектировании систем телекоммуникаций, в частности систем громкоговорящей связи (ГГС), работающих в условиях воздействия внешних акустических шумовых помех, ставится задача создания алгоритмов эффективного подавления вышеуказанных помех для обеспечения необходимого отношения  $P_c/P_{ак. пом.} \geq 20$  дБ.

Исследования спектральных функций речевых сигналов и внешних шумовых помех в [1] показали, что спектр наиболее распространенных помех – внешних акустических шумов смещен относительно спектра речевых сигналов в низкочастотную область, что позволяет предполагать, что для повышения отношения  $P_c/P_{ак. пом.}$  можно применить методы линейной фильтрации.

Другой фактор, позволяющий применить линейную фильтрацию для подавления акустических шумов, это возможность увеличения области режекции в диапазоне от  $F = 0$  Гц, до  $F_n = 300-1000$  Гц, в соответствии с исследованиями в [1, 2]. Из этих исследований видно, что при увеличении нижней границы воспроизводимых частот до  $F = 1000$  Гц величина  $S$  практически не изменяется, принимает значение не менее 94%, что является допустимым.

Таким образом, вышеперечисленные факторы позволяют рассмотреть возможность проектирования адаптивных алгоритмов обработки речевых сигналов и подавления акустических помех за счет управляемого изменения области режекции в интервале от 0 Гц до (300÷1000) Гц, в зависимости от помеховой обстановки.

Процесс фильтрации спектральных функций речевого сигнала  $G(f)$  и помехи  $G_{II}(f)$  и, соответственно, изменения отношения  $P_c/P_{II}$  в зависимости от изменения  $F_n$  в пределах  $300 \text{ Гц} \leq F_n \leq 1000 \text{ Гц}$  проиллюстрирован на рис. 1. На рис. 1 хорошо видно, что площадь подынтегральной функции  $G_{II}(f)$  соответствующая  $P_{ак. пом.}$  уменьшается быстрее при изменении  $F_n$  от 300 Гц до 1000 Гц, чем площадь подынтегральной функции  $G(f)$ . Рис. 1 показывает, что основная энергия спектральной функции  $G(f)$  остается в пределах от 0 Гц до  $F_n$ , то есть вне полосы пропускания фильтра прямоугольной формы.

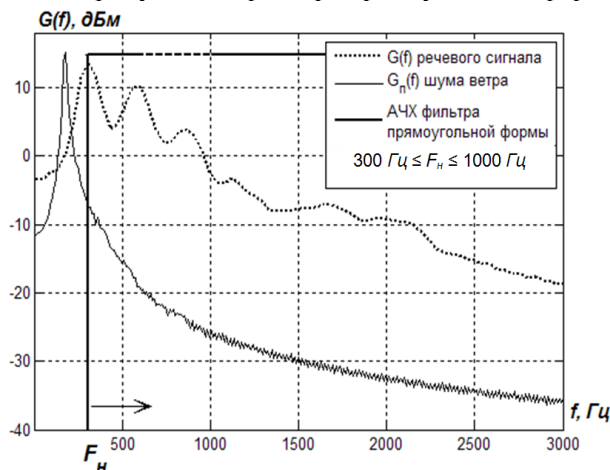


Рис. 1. Иллюстрация модели фильтрации спектральных функций речевого сигнала  $G(f)$  и помехи  $G_{II}(f)$  в зависимости от изменения значения  $F_n$

Таким образом, отношение значений  $P_c$  и  $P_{\text{ак.пом.}}$  на выходе фильтра прямоугольной формы показывает зависимость степени подавления акустических шумов относительно речевых сигналов от величины области режекции от 0 Гц до  $F_H$  в АЧХ тракта. В дискретном случае представления спектральных функций получим отношение  $P_c / P_{\text{ак.пом.}}$  в виде

$$\frac{P_c}{P_{\text{ак.пом.}}} = \frac{\sum_{\ell_n}^{\ell_n} G(\ell \cdot \Delta f)}{\sum_{\ell_n}^{\ell_n} G_{II}(\ell \cdot \Delta f)},$$

где при длительности интервала анализа  $\tau_{\text{сегм}}$ , число отсчетов в интервале анализа  $N = \frac{\tau_{\text{сегм}}}{T}$ ,

$\Delta f = \frac{F_0}{N}$  интервал дискретизации спектральной функции по частоте,  $\ell_n = \frac{F_H}{\Delta f}$  - номер

частотного интервала, для низкочастотного среза АЧХ  $F_H$ .

Таким образом, изменяя  $\ell_n$  в выражении отношения  $P_c / P_{\text{ак.пом.}}$  будет получена функция изменения этого отношения на выходе фильтра прямоугольной формы в зависимости от ширины области подавления, которая находится в пределах от 0 до  $F_H = \ell_n \cdot \Delta f$ .

### Литература

1. Кропотов Ю.А., Парамонов А.А. Методы проектирования алгоритмов обработки информации телекоммуникационных систем аудиообмена: моногр.-М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015.- 226 с.
2. Кропотов Ю.А., Быков А.А. Алгоритм подавления акустических шумов и сосредоточенных помех с формантным распределением полос режекции // Вопросы радиоэлектроники. 2010. Т.1. №1. С. 60-65.

Кропотов Ю.А., Холкина Н.Е.  
 Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного  
 учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет  
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
 e-mail: kaf-eivt@yandex.ru

### Оценивание характеристик стационарных акустических сигналов в телекоммуникационных системах

К наиболее интересным, с точки зрения обработки сигнала в системах аудиообмена, характеристикам стационарных сигналов относятся одномерная функция распределения, корреляционные функции, начальные и центральные моменты высоких порядков, энтропия, коэффициент качества шума, семиинварианты, а также спектры первого и высокого порядка и информация Кульбака.

Искажения, возникающие при преобразовании акустической энергии в электрический сигнал, а также нелинейные искажения в каналах передачи можно оценить по виду функции распределения. Это объясняется различиями в нелинейных и инерционных характеристиках преобразователей. Нелинейность преобразователя может особенно проявить себя при высоком уровне помехи. Изменение характеристик выходного сигнала обуславливается также и перемещениями преобразователя относительно источника акустического сигнала. В любом случае, независимо от причины, возможное влияние характеристик преобразователя на результаты обработки акустического сигнала не должно остаться без внимания.

В качестве меры отклонения распределения случайной величины  $X$ , характеризуемой плотностью вероятности  $f(x, \varphi)$ , от распределения с плотностью  $f(x, \theta)$  часто используется информация Кульбака

$$I(\varphi, \theta) = E_{\varphi} \left\{ \log \frac{f(X, \varphi)}{f(X, \theta)} \right\} = \int f(x, \varphi) \log \frac{f(x, \varphi)}{f(x, \theta)} d\mu(x). \quad (1)$$

Эта функция равна нулю, если плотности вероятности  $f(x, \varphi)$  и  $f(x, \theta)$  по мере  $\mu(x)$  совпадают между собой. Иначе  $I(\varphi, \theta) > 0$ .

Пусть плотность вероятности случайной величины  $x$  на выходе линейного преобразователя равна  $f(x, \theta)$ , а на выходе нелинейного преобразователя –  $f(x, \varphi)$ , то информация Кульбака

$$I(\varphi, \theta) = \int f(x(\xi), \theta) \left| \frac{dx(\xi)}{d\xi} \right| \log \left| \frac{dx(\xi)}{d\xi} \right| d\xi. \quad (2)$$

где  $\xi = \xi(x)$ , случайная переменная на выходе нелинейного преобразователя – является его монотонной нелинейной функцией, а  $x(\xi)$  – это обратная функция.

В качестве меры отклонения от нормального распределения используется выражение

$$H = - \int f(x, \theta) \log f(x, \theta) dx, \quad (3)$$

именуемое энтропией случайной величины. Своего максимального значения (3) достигает на гауссовом распределении  $f(x, \theta)$ .

Введем коэффициент качества шума  $\eta$  :

$$\eta = \frac{1}{2e\pi} e^{2H(x)}, \quad (4)$$

который удовлетворяет неравенству  $\eta \leq 1$ , если случайная величина  $X$  отклоняется от гауссового распределения.

Для оценки асимметрии распределений и выделения негауссового сигнала на фоне гауссовых помех можно использовать моменты, полиспектры и кумулянтные функции высших порядков, поскольку для гауссовых помех все семиинварианты второго и более высокого порядка равняются нулю.

В качестве оценки близости распределения экспериментальных данных к принятой модели используют также различные критерии согласия. Однако в силу сложности реализации обычно ограничиваются лишь некоторыми параметрами распределений, типа приведенных выше. Традиционным является применение при оценке точности моделей математических ожиданий и дисперсий.

В работе исследуются вопросы формирования моделей стационарных сигналов линейными системами с постоянными параметрами и нелинейными системами, описываемыми функциональными рядами второго, третьего порядков. Решение задачи идентификации параметров стационарных и нестационарных акустических сигналов дает возможность разрабатывать алгоритмы обработки и сжатия сигналов для передачи по телекоммуникационным каналам и в системах аудиообмена.

### Литература

1. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. – М.: СОЛОН-Р, 2002, 439 с.
2. Белов А.А., Кропотов Ю.А., Проскураков А.Ю. Вопросы обработки экспериментальных временных рядов в электронной системе автоматизированного контроля // Вопросы радиоэлектроники. Серия общетехническая.–2010.- №1. - С. 95-101- Библиогр.: с. 101.

Проскураков А.Ю., Миловидов А.Е.

Муromский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
e-mail: alexander.prosk.murom@gmail.com

### Нейросетевое прогнозирование временных рядов стоимостных показателей с предварительной низкочастотной фильтрацией

При решении задач предварительной обработки, анализа и прогнозирования значений временных рядов, которыми представляются данные в динамических системах, предлагается применять математические модели и методы аппарата низкочастотной фильтрации, аппарата искусственных нейронных сетей. К таким системам можно отнести системы автоматизированного финансового мониторинга и прогнозирования негативного влияния экономической ситуации на активы, а также в системах контроля временных рядов стоимостных показателей всего портфеля активов и оповещения об непредвиденных и критических уровнях. Прогнозирование временных рядов стоимостных показателей осуществляется согласно комбинированному алгоритму, основанному на совместном применении аппарата низкочастотного преобразования и аппарата искусственных нейронных сетей. Кроме этого, математический аппарат включает методы многомасштабного анализа сигналов и временных рядов, методы математической статистики, теории случайных процессов.

Предварительная низкочастотная фильтрация применяется для обработки исходного временного ряда с целью повышения качества представления сигнала.[2] Для этого осуществляется обработка детализирующих коэффициентов с помощью трешолдинга. Были проведены исследования различных методов выбора оптимальных параметров пороговой обработки. Сравнительный анализ различных критериев показал, что наиболее эффективным методом обработки детализирующих коэффициентов при максимальном отношении сигнал/шум является применение критерия адаптивного штрафного порога. В результате обработки на полученном временном ряду значительно проще выявить волновые паттерны и нанести волновую разметку согласно правилам и алгоритмам циклической теории Эллиотта.[1]

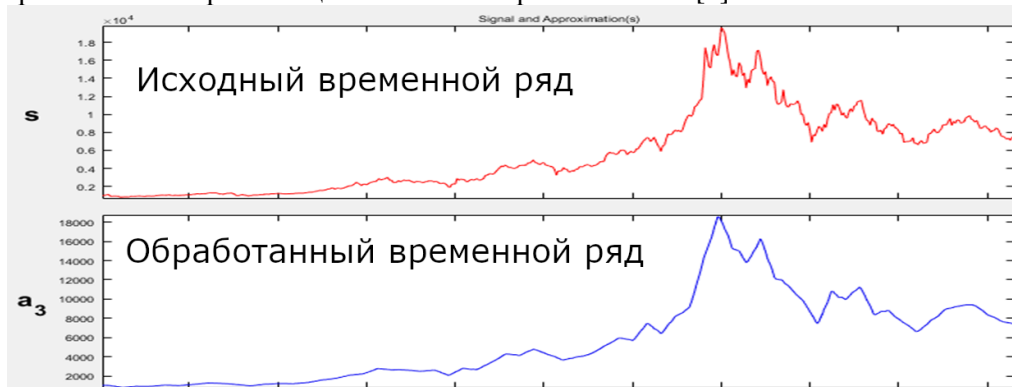


Рис. 1. Низкочастотная обработка временного ряда стоимостных показателей

Движения на финансовых рынках происходят хаотично. Если провести статистический анализ и построить гистограмму плотности распределения котировок, можно увидеть, что процесс напоминает нормальное распределение случайного процесса или распределение Гаусса. На более мелких временных интервалах (таймфреймах) шумовых составляющих гораздо больше, они вызваны влияниями крупных инвесторов, социодинамикой, техническими сбоями бирж, а также внебиржевыми сделками. Поэтому сложнее выявить главные движения, основополагающие тренды и волны. Если очистить сигнал от флуктуаций и шумов, повышается вероятность более достоверного прогноза дальнейшего развития процесса. Поэтому необходимо применить вейвлет обработку и трешолдинг, представленные на рис. 1.

В работе рассматривается применение аппарата искусственных нейронных сетей при решении задачи прогнозирования, в частности, рассматриваются нейронные сети на персептроне



прямого распространения. Были получены уравнения обучения и функционирования искусственных нейронных сетей в матричной форме, с помощью которых можно повысить количество отчетов достоверного прогноза. Полученные результаты моделирования использования разработанного алгоритма подтверждают повышение таких критериев эффективности прогнозирования как длительность, а также погрешность получения прогноза, улучшают быстродействие, адаптивность системы к изменяющимся условиям. Дополнительным эффектом является также возможность гибкого изменения архитектуры нейронной сети в случае изменения требований на длительность прогноза. Предложенная структурная схема реализации нейросетевого прогнозирования изменений параметров временных рядов с предварительной вейвлет-обработкой представлена на рис. 2.[3]



Рис. 2. Структурная схема нейросетевого прогнозирования изменений значений стоимостных показателей

В результате применения комбинированного метода предварительной обработки и основного анализа с помощью ИНС на график валютной пары наносится волновая разметка с обозначением уровней. Также предоставляются альтернативные паттерны изменения стоимостных показателей с вычислением процентной вероятности каждого из них (рис.3).



Рис. 3. Результаты прогнозирования стоимостных показателей с нанесением волновой разметки на график валютной пары

### Литература

1. Роберт Пректер, Альфред Фрост Волновой принцип Эллиотта. Ключ к пониманию рынка / Elliott Wave Principle: Key to Market Behavior. — М.: «Альпина Паблишер», 2018. — 268 с. — ISBN 978-5-9614-6995-0.
2. Миловидов А.Е., Проскуряков А.Ю., Ярошенко А.И., Меньшов И.С. Анализ и обработка временных рядов финансовых показателей / Topical areas of fundamental and applied research XII: Proceedings of the Conference. North Charleston, 5-6.06.2017, Vol. 1—North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2017, p. 211,138-140 p.
3. Proskuryakov, A.Y. Processing and forecasting of time series in systems with dynamic parameters / 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017 – Proceedings. WOSUID: WOS:000414282400259.

Савинов С.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: el-wt@mail.ru*

### **Автоматизированные системы управления производственным процессом предприятия**

В современном уровне структурной организации большинства предприятий неотъемлемой частью, оказывающей непосредственное влияние на степень эффективности производственного процесса, является активное внедрение и применение различного рода систем для организации автоматизированной системы управления производством (процессами производства). Использование оптимально-построенной производственной модели с помощью автоматизированной системы управления производством позволяет не только увеличить объем выпускаемой производством продукции, но и в значительной мере уменьшить временные задержки между различными итерациями производственного процесса, тем самым обеспечивая высокий уровень загрузки производственных мощностей предприятия, что позволяет уменьшить затраты на процесс производства единицы продукции, выпускаемой предприятием.

В основе автоматизированных систем управления производством продукции лежат различного рода алгоритмы для обеспечения процесса автоматизированного управления. Стремительное развитие информационных технологий оказывает влияние и на автоматизированные системы управления производством, а следовательно, существующие алгоритмы автоматизированного управления модернизируются, еще более повышая эффективность производства. Автоматизированные системы управления производством имеют в своем составе сложную структуру, состоящую из большого количества структурных элементов, образующих множество взаимосвязанных подсистем единой системы управления. В качестве основных концепций оптимизации производства с помощью автоматизированной системы управления выделяют: MRP, MRP II, ERP, MES, APS [1].

Концепция MRP (Material Requirements Planning – планирование материальных ресурсов) позволяет организовать минимальное количество производственных издержек, взаимодействующих со организациями складских запасов. Центральным элементом, позволяющим организовать данную концепцию, являются временные интервалы производственного цикла, которые формируются при прохождении технологического маршрута производства на каждой технологической операции. На основании полученных сведений о временных задержках организуется оптимальная структура технологического маршрута с указанием величин потребностей материалов и сроков поставки данных материалов для производства. Концепция MRP полностью не рассматривает все факторы производственного процесса, а именно: степень загрузки и уровень производственной мощности.

Концепция MRP II позволяет добиться максимальной эффективности на сложноорганизованных структурах производственного процесса и предприятий с часто повторяющимся производственным циклом, т.к. все ключевые операции для системы управления: планирование, контроль производственного процесса, прогнозирование дальнейших действий и т.п. производятся на всем технологическом цикле производства.

Концепция ERP (Enterprise Resource Planning – планирование ресурсов предприятия) появилась как дальнейшее развитие концепции MRP II с учетом обязательного учета не только затрат на производство, но и всех остальных смежных с производственным процессом затрат. При использовании концепции ERP происходит создание централизованной базы данных, которая включает в себя всю необходимую информацию, относящуюся к деятельности предприятия, а именно экономически-финансовую информацию, производственно-технологическую информацию (конструкторская документация), кадровую информацию. Различного рода программные продукты, которые работают в автоматизированной системе управления производством могут оперативно получать информацию из централизованной базы

данных, а также оперативно производить необходимые изменения минуя последовательную передачу данных между программами. Централизованное управление производственными ресурсами предприятия при использовании концепции ERP в значительной мере повышает эффективность производственной деятельности, при этом снижая необходимость использования административных ресурсов.

Увеличение влияния развития информационно-вычислительных систем привело к образованию новых способов управления производством, образовав при этом новый класс концепций автоматизированных систем управления предприятием – APS (Advanced Planning Scheduling – усовершенствованное планирование). Системы класса APS могут представляться в качестве дополнительных функциональных дополнений для существующих систем, базирующихся на концепциях MRP II и ERP[2].

Концепция MES (Manufacturing Execution System – автоматизированная исполнительная система производственного уровня) позволяет произвести объединение двух видов деятельности предприятия: оперативной производственной деятельности и финансово-хозяйственной деятельности. Концепция MES предназначается как для повышения производственной мощности предприятия, так и для повышения экономических показателей производственных отделов предприятия. В качестве исходных данных для работы автоматизированной системы концепции MES выступает количество и описание работ, которое формирует ERP система, или сформированный ASP-системой производственный план-график. После получения и анализа входных данных система производит формирование технологического расписания для производственных ресурсов и обеспечивает постоянный контроль выполнения запланированных производственных операций.

Системы APS и MES включают в себя специализированные модули для обеспечения оперативно-календарного планирования, но сам процесс управления устроен по-разному: MES-системы отдают предпочтение различным экономическим показателям, когда как APS-системы базируются в первую очередь на технических показателях. Разница также заключается в том, что, если APS-системы предназначаются для обеспечения планирования всей производственной структуры предприятия, а MES-системы концентрируются на планировании производственного отдела (участка). Также концепция MES взаимодействуют с большим количеством показателей (критериев), позволяя организовать технологический цикл, обрабатывая все возможные пути технологического процесса.

Ведущими компаниями, которые предоставляют комплексы программных продуктов для автоматизированных систем управления предприятиями являются SAP AG, Oracle, PeopleSoft. Данные компании предоставляют полный спектр программного обеспечения для развертывания ERP-систем на предприятии любой производственной сложности. Благодаря комплексам программных средств для обеспечения автоматизированной системы управления предприятием имеется возможность значительно повысить количество выпускаемой продукции и снизить производственные расходы, повышая эффективность производственной деятельности предприятия.

### Литература

1. Антонов, А. М. Основы современной организации производства / А. М. Антонов. - М.: ИНФРА-М., 2004. – 432 с.
2. Кузин Б.И., Юрьев В.Н., Шахдинаров Г.М. Методы и модели управление фирмой. – СПб.: Изд-во Питер, 2001. - 432 с.
3. Маляренко И. Планирование и оптимизация // Корпоративные системы. 2006. № 27.