

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория автоматического регулирования / Под ред. В.В. Солодовникова. – М.: Машиностроение, 1967. – Т. 1. – 46 с.
2. Borovkov A.A., Pivnev S.V., Tsivinsky M.Yu. About the Ring Structure of the Control System // The Third Russian-Korean Internatio-

nal Symposium on Science and Technology, KORUS'99: Abstracts. – June 22-25, 1999 at Novosibirsk State Technical University. – Novosibirsk, 1999. – V. 1. – P. 219.

Поступила 12.03.2008 г.

УДК 658.012.011.56:681.324

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В MES ГАЗОДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ

С.А. Богдан, А.В. Кудинов

Институт «Кибернетический центр» ТПУ  
E-mail: bogdan@tpu.ru

*Проведена классификация функций диспетчерских служб газодобывающих предприятий, с использованием которой выполнен анализ подходов к формированию систем принятия решений для оперативного диспетчерского управления в газодобывающих компаниях.*

### Ключевые слова:

*MES, диспетчерское управление, автоматизация газодобычи, системы принятия решений.*

### Введение

Одним из актуальных вопросов в управлении предприятием газовой отрасли является сокращение производственных издержек. Известны различные подходы к решению данного вопроса [1]. Основным из них является внедрение современных информационных технологий: цифрового измерительного оборудования, автоматизированных систем управления технологическими процессами, новых технологий передачи данных, систем связи и т. д.

Использование современных технологий приводит к сокращению издержек предприятия за счет снижения числа специалистов, занятых в технологическом процессе, уменьшения риска аварийных ситуаций связанных с человеческим фактором, повышения оперативности при действиях в аварийной ситуации, снижения потерь при добыче, производстве и транспортировке углеводородов. При этом повышается безаварийность, технологичность и экологичность производства. Однако в полной мере воздействие на эти факторы можно оказать только при создании единого информационного пространства для большинства основных служб предприятия.

### Задачи диспетчерской службы газодобывающего предприятия

В настоящее время на предприятиях отрасли единым центром сбора оперативной технологической информации и центром оперативного принятия решений является диспетчерская служба. Диспетчерские решения затрагивают множество служб предприятий: технологическую, геологическую, механическую, энергетическую и т. д.

Управление в газодобывающих компаниях имеет иерархическую структуру: производственно-диспетчерские службы (ПДС) месторождений подчиняются центральному производственно-диспетчерским службам (ЦПДС) соответствующих предприятий. ЦПДС предприятий Единой системы газоснабжения, как газодобывающих так и газотранспортных, подчиняются центральному производственно-диспетчерскому департаменту (ЦПДД) ОАО «Газпром».

Основной задачей диспетчерских служб газодобывающего предприятия является обеспечение непрерывного круглосуточного оперативного контроля над работой и взаимодействием основного и вспомогательного производства, а также обеспечением планов предприятия [2]. Это достигается за счет иерархического разделения функций диспетчерских служб согласно уровням их компетенции: на уровне ЦПДД принимаются решения масштаба Единой системы газоснабжения, на уровне ЦПДС принимаются решения связанные с различными задачами в масштабах предприятия, на уровне ПДС решения ЦПДС должны быть реализованы в масштабах промысла. При этом на уровне ЦПДС газотранспортных предприятий решаются задачи своевременного обеспечения потребителей углеводородами в заданных объемах.

От качества диспетчерских решений на любом уровне напрямую зависит стабильность большинства производственных процессов. Ошибочное или недостаточно обоснованное диспетчерское решение, даже в условиях высокоавтоматизированного контроля, может привести к нештатной ситуации. Это определяет исключительную важность лично-

сти диспетчера как ключевой фигуры управления технологическими процессами. В этой связи актуальной задачей является такая автоматизация работы диспетчера, которая, освободив его от выполнения рутинных операций и обеспечив эргономичный и неизбыточный интерфейс для контроля текущей ситуации, позволила бы сосредоточиться на решении стратегических и оптимизационных задач.

Полный перечень задач и функций диспетчерских служб содержится в соответствующих положениях о диспетчерских службах различных предприятий отрасли. Несмотря на то, что на разных предприятиях этот перечень разный, задачи и функции диспетчерских служб разного уровня можно обобщить и разделить на несколько основных групп:

- **Мониторинг текущего состояния оборудования,** движения материальных ресурсов, хода исполнения планов работ, ремонтов и т. д. Согласно положениям о диспетчерских службах мониторинг должен быть непрерывным.
- **Координация производственных служб промыслов** с целью достижения плановых показателей и поддержанию устойчивой работы объектов по добыче и переработке углеводородного сырья, транспортировке газа, газового конденсата и нефти, контроль над реализацией продукции и т. д.
- **Сбор, обработка и передача сводной отчетной информации** за прошедшие сутки согласно регламентам взаимодействия с диспетчерскими службами разных уровней и другими производственными службами промыслов для обеспечения их своевременной информацией в соответствии с уровнями их компетенций.
- **Анализ производственных данных** с целью выявления причин отклонения производственного процесса от установленных режимов и графиков. Результатом анализа является принятие решения о действиях, которые следует произвести для устранения таких отклонений.

Уровень автоматизации вышеперечисленных задач и функций диспетчерских предприятий на различных газодобывающих предприятиях различен. Он, прежде всего, зависит от стратегии автоматизации выбранной руководством предприятия. В случае неудачно выбранной или неудачно реализованной стратегии, уровень автоматизации рабочего места диспетчера может быть недопустимо низким, что может приводить к повышенному риску аварийных ситуаций, неисполнению планов предприятия и прочим последствиям, ведущим к финансовым потерям предприятия.

#### **Проблема автоматизации ЦПДС газодобывающего предприятия**

В настоящее время на большинстве газодобывающих предприятий России уровень автоматизации диспетчерских служб является низким [3]. Для решения задач диспетчерских служб необходима тесная интеграция множества служб предприятия.

В настоящее время большинство предприятий газовой отрасли не имеет рациональной стратегии автоматизации предприятия, что и приводит к внедрению множества различных программных продуктов необходимых различным службам и отсутствию интеграции между ними [3]. Это является препятствием к образованию единого информационного пространства. Разнородность этих программных продуктов не позволяет эффективно обмениваться данными между ними, принимать и передавать управляющую информацию.

Чаще всего непрерывный **мониторинг** возможен лишь в ПДС промыслов, где с помощью автоматизированной системы управления процессами (АСУТП) диспетчеру предоставляется обновляющаяся информация о показаниях датчиков на основных участках производства. Информация о ходе работ, ремонтов и т. д. поступает в ПДС промысла по телефону по мере её появления или по необходимости. В случае отклонения от плановых показателей или возникновения нештатной ситуации на промыслах диспетчер ЦПДС оперативно принимает решения и осуществляет **координацию производственных служб промысла**. На уровне ЦПДС непрерывный мониторинг чаще всего невозможен. Обычно информация о показаниях датчиков передаётся в ЦПДС каждые 2 ч, а информация о ходе работ, ремонтов и т. д. каждые сутки (в 13:00). Так производится **сбор и обработка** суточных данных. Затем диспетчер ЦПДС **передает сводную отчетную информацию** руководству и диспетчерам ПДС газотранспортных предприятий (ГТП) и диспетчерам ПДС головной организации. Раз в сутки диспетчер ЦПДС предоставляет сводные данные непромысловым производственным службам предприятия.

Такой режим работы диспетчера содержит множество избыточных рутинных операций. При этом даже повседневная работа диспетчера связана с сильной психологической нагрузкой, поскольку неправильное диспетчерское решение или несвоевременное вмешательство в производственный процесс может привести к катастрофическим последствиям.

Поскольку объем информации о ситуации на производстве необходимый диспетчеру для принятия правильного решения слишком велик, в силу сложности производственного процесса, то диспетчер чаще всего полагается на свой опыт и знания производственных процессов. Очевидно, что для повышения качества диспетчерских решений и снижения рисков аварийных ситуаций необходима автоматизация как можно большего количества функций диспетчерской службы.

#### **Подходы к разработке систем диспетчерского управления**

Для автоматизации диспетчерского управления уровня ПДС большинство газодобывающих предприятий используют современные АСУТП. Это на-

правление вычислительной техники достаточно сильно развито, что предоставляет руководству предприятия широкие возможности выбора платформы для автоматизации рабочих мест диспетчеров. В свою очередь автоматизация уровня ЦПДС является сложной и неоднозначной задачей. В настоящее время на многих предприятиях газовой отрасли ведется внедрение Manufacturing Execution System (MES) [4]. Среди функций MES существует функция диспетчеризации производства, которая заключается в «управлении потоком изготавливаемых деталей по операциям, заказам, партиям, сериям, посредством рабочих нарядов» [4]. Системы такого класса могут стать базой для построения систем диспетчерского управления разного уровня.

Таким образом, можно выделить четыре главные группы функций системы поддержки принятия диспетчерских решений (СППДР) в приложении к задачам и функциям диспетчерских служб: СППДР должна позволять осуществлять **мониторинг ключевых показателей**, описывающих состояние производства, включать в себя функции взаимодействия с другими службами предприятия для **координации производственных служб промысла**, обладать средствами **сбора, обработки и передачи сводной отчетной информации** и предоставлять современные средства **анализа производственных данных**.

Такая СППДР может значительно упростить рутинные, повседневные операции диспетчера и позволить специалисту диспетчерской службы в большей мере сконцентрироваться на решении оптимизационных и прочих аналитических задачах.

Существует множество подходов к автоматизации диспетчерских служб газодобывающего предприятия, которые можно свести к трем основным подходам:

- Разработка СППР для оперативного диспетчерского управления.
- Дополнение АСУТП функциями СППР.
- Дополнение MES функциями СППР.

Теоретически каждый из этих подходов, в случае его «идеальной» реализации может привести к созданию эффективной системы поддержки принятия диспетчерских решений, однако современное состояние рынка программного обеспечения такого класса указывает на обратное. Подавляющее большинство проектов по внедрению такого программного обеспечения в диспетчерских службах газодобывающих предприятий приводят либо к отказу от внедрения из-за непредвиденных сложностей и перерасходов бюджетов, либо к частичному внедрению в непригодном для повседневного использования виде. Основной причиной этому является неправильно выбранная стратегия или подход к построению системы поддержки принятия диспетчерских решений ЦПДС. Часто это связано с недостаточной квалификацией лиц, разрабатывающих техническое задание на систему диспетчерского управления.

*Разработка СППР для оперативного диспетчерского управления* является одним из таких подходов. Сегодня уровень развития программного обеспечения класса СППР характеризует хорошо развитая теоретическая основа и очень узкая сфера применения.

Сама концепция СППР подразумевает использование значительных объемов данных, однако, при этом в списке характеристик идеальной СППР предложенной в [5] не содержится важнейшей характеристики – связи с постоянно пополняющимися источниками данных.

Специфика принятия диспетчерских решений заключается в том, что решение должно быть принято оперативно. Для этого кроме развитых средств **анализа производственных данных** необходима отлаженная система доступа к актуальным производственным данным (мониторинга).

Существующие системы СППР чаще всего не связаны и базами данных, наполняются вручную и требуют специализированной квалификации. СППР используют для анализа большие объемы разнородных данных, значит, проблема достаточности и своевременности предоставления данных является одной из важнейших, поскольку отсутствие или некорректность каких либо данных приводит к искажению результатов анализа. Для своевременного ручного ввода данных требуется набор регламентирующих ручной ввод документов и контроль их исполнения. Все вышеперечисленное не позволяет использовать концепцию СППР в чистом виде для решения реальных производственных задач диспетчерской службы.

Таким образом, выбор в качестве стратегии разработки СППР для оперативного диспетчерского управления вынуждает разработчика реализовывать множество функций, которые хотя и не попадают в концепцию СППР, но являются необходимыми для поддержки принятия решений. К ним относятся обозначенные выше задачи **мониторинга** объектов производства, **сбора, обработки и передачи информации** и **координации производственных служб промыслов**.

Подход к автоматизации диспетчерских служб уровня ЦПДС, который заключается в *дополнении АСУТП функциями СППР*, подразумевает, прежде всего, предоставление лицу, принимающему решения развитых средств **мониторинга** объектов производства. При этом функции СППР, которыми при таком подходе следует дополнить АСУТП должны предоставлять средства для **анализа производственных данных**. Для эффективного оперативного анализа производственных данных при принятии решений чаще всего требуются исторические данные о поведении управляемой системы, что требует реализации дополнительных функций по обработке и хранению исторических данных.

Поскольку диспетчерские службы уровня ЦПДС кроме задачи мониторинга и различных

аналитических задач, выполняют также и множество других функций, то задачи по **сбору, обработке и передаче информации и координации производственных служб промислов** потребуют дополнительной реализации в системе поддержки принятия диспетчерских решений.

Несмотря на недостатки, этот подход можно эффективно применять на уровне ПДС для решения различных аналитических задач связанных с принятием решений относительно технологических процессов. При этом такой подход неприменим при автоматизации уровня ЦПДС, поскольку в этом случае лицо, принимающее решение чаще всего значительно удалено от объектов управления и соответственно АСУТП, что требует дополнительной реализации функций передачи производственной информации.

Одним из подходов к автоматизации диспетчерских служб газодобывающих предприятий является подход, связанный с *дополнением MES функциями СППР* который заключается, прежде всего, в развитии функций оперативного анализа данных.

Внедренная MES свидетельствует о высоком уровне автоматизации различных служб предприятия. При внедрении MES обычно используются транзакционные СУБД, которые управляют базами производственных данных на одном или нескольких серверах предприятия. Это позволяет широко использовать производственные данные для решения большинства задач различных служб предприятия. Так устраняется проблема удаленности объектов производства от офисов этих служб и решается задача **сбора, обработки и передачи сводной отчетной информации**.

Одной из функций MES является диспетчеризация различных производства [4], что прежде всего подразумевает наличие развитой функциональности для **мониторинга** состояния оборудования, движения ресурсов, хода работ, ремонтов и прочих производственных показателей. Задача диспетчеризации производственных процессов в MES также заключается в наличии функциональности для **координации производственных служб**, что необходимо для реализации диспетчерских решений.

Однако концепция MES не подразумевает при этом наличия средств оперативного **анализа производственных данных**, что означает необходимость их реализации. Основной проблемой при этом, является проблема реализации различных методов анализа, среди которых дерево решений, кластеризация, временные ряды [6] и т. д. Одной общей особенностью аналитических задач является необходимость использования множества накопленных производственных данных. Поскольку MES чаще всего использует данные из транзакционных СУБД, то использование множества исторических данных будет приводить к значительной нагрузке на серверы, что с учетом их непрерывного роста неизбежно приведет к недостатку скорости решения аналитических задач. Это означает необходи-

мость применять специальные методы для хранения исторических данных и доступа к ним.

Предлагаемый подход к автоматизации диспетчерских служб, который заключается в *использовании MES совместно с OLAP*, подразумевает, прежде всего, реализацию системы поддержки принятия диспетчерских решений на основе внедренной MES и средств OLAP, предоставляемых СУБД на которую эта MES использует. В части автоматизации функций **мониторинга** производственных процессов, **сбора, обработки и передачи сводной отчетной информации**, а также задачи **координации производственных служб** такой подход полностью аналогичен предыдущему.

Поскольку современные промышленные СУБД предоставляют средства OLAP, например Oracle Discoverer у СУБД Oracle [7] или Microsoft Analysis Services у СУБД MSSQL Server, то одним из преимуществ такого подхода является отсутствие проблем связанных с интеграцией по данным СППР диспетчерской службы и других информационных систем предприятия.

При этом для задач **анализа производственных данных** используются средства OLAP, которые могут быть отнесены к гибридным СППР, обеспечивающим моделирование, поиск и обработку данных [8].

Главным преимуществом такого подхода по сравнению с предыдущим является отсутствие необходимости реализации функций различных методов анализа, среди которых дерево решений, кластеризация, временные ряды и прочие. Также в случае использования такого подхода значительно снижаются риски потери производительности при анализе исторических производственных данных, что обусловлено особенностями функционирования OLAP технологий.

Сравнительный анализ (рисунок) показал, что единственной рациональной стратегией для разработки СППР является подход связанный с *использованием MES совместно с OLAP*, так как он требует наименьших затрат на реализацию дополнительных функций. Однако, в таком подходе существует серьезный недостаток. Разработка СППР подразумевает успешно внедренную MES на предприятии.

		Функции системы			
		Мониторинг состояния	Координация служб	Сбор, обработка и передача данных	Анализ данных
Подходы к реализации	Разработка СППР для оперативного диспетчерского управления				
	Дополнение АСУТП функциями СППР				
	Использование MES для оперативного диспетчерского управления				
	Использование MES совместно с OLAP				

**Рисунок.** Сравнительный анализ подходов к разработке СППР

### АРМ диспетчера в составе системы «Магистраль-Восток»

Институтом «Кибернетический центр» Томского политехнического университета разработана MES «Магистраль-Восток» для управления производством газодобывающей компании. Она предназначена для автоматизации деятельности различных производственных служб компании [9]. Для автоматизации функций диспетчерских служб система содержит подсистемы, представленные в таблице.

**Таблица.** Функции MES «Магистраль-Восток» для автоматизации задач диспетчерских служб

Функции системы	Подсистемы MES «Магистраль-Восток»
Мониторинг состояния	Мнемосхемы Техпараметры Тренды Технологические схемы Режимный лист Журнал событий
Координация служб	Сообщения Планы
Сбор, обработка и передача данных	Отчеты и формы
Анализ данных	Инженерные задачи

В настоящее время система «Магистраль-Восток» внедрена на газодобывающем предприятии ОАО «Востокгазпром» и активно используется специалистами различных служб в качестве MES системы. Диспетчерские службы предприятия также используют функции системы в повседневной работе.

С точки зрения специалистов диспетчерских служб, система может использоваться в качестве СППДР, поскольку имеет развитую функциональ-

ность для **мониторинга состояния производства, координации служб предприятия и сбора, обработки и передачи данных.** В настоящее время происходит активное развитие системы в сторону оперативного **анализа данных.**

Поскольку MES «Магистраль-Восток» использует банк данных, разработанный на базе промышленной СУБД Microsoft SQL Server 2005, то для автоматизации аналитических задач диспетчерской службы планируется использовать средства OLAP Microsoft Analysis Services. При этом разработка средств оперативного анализа не вызовет трудностей связанных с отсутствием интеграции банка производственных данных «Магистраль-Восток» и служб Analysis Services.

### Заключение

Внедрение систем поддержки принятия диспетчерских решений базируется на едином информационном пространстве предприятия. Это связано с тем, что для решения большинства задач диспетчерской службы необходима тесная интеграция множества служб предприятия. Единственной рациональной стратегией для разработки СППДР является подход связанный с *использованием MES совместно с OLAP*, так как он требует наименьших затрат на реализацию дополнительных функций.

«Магистраль-Восток» может быть использована в качестве основы СППДР для диспетчерских служб любого уровня, в том числе для предприятий газотранспортной отрасли.

Использование MES «Магистраль-Восток» для диспетчерского управления имеет положительный опыт на предприятиях газодобывающей отрасли [9].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмедов Ф.Т. Проблемы государственного регулирования газовой отрасли России // Проблемы современной экономики: Евразийский международный научно-аналитический журнал. – СПб., 2004. – № 3 (11). – 296 с.
2. Положение о центральной производственной диспетчерской службе ОАО «Томскгазпром», 2003.
3. Герке В.Г. Современный этап развития комплексов поддержки диспетчерского управления в ОАО «Газпром» // Компьютерные технологии поддержки принятия решений в диспетчерском управлении газотранспортными и газодобывающими системами: Матер. III Междунар. научно-практ. конфер. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007. – Т. 1. – С. 6–17.
4. ANSI/ISA-95.00.01-2000 Enterprise-Control System Integration. P. 1: Models and Terminology. – Режим доступа: [http://www.isa.org/Template.cfm?Section=Shop\\_ISA&Template=/Ecommerce/ProductDisplay.cfm&Productid=2612](http://www.isa.org/Template.cfm?Section=Shop_ISA&Template=/Ecommerce/ProductDisplay.cfm&Productid=2612). – Загл. с экрана.
5. Turban E. Decision support and expert systems: management support systems. – Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1995. – 887 p.
6. Ларсон Б. Разработка бизнес-аналитики в Microsoft SQL Server 2005. – СПб.: Питер, 2008. – 648 с.
7. Oracle Business Intelligence Discoverer – Режим доступа: <http://www.oracle.com/technology/products/discoverer/index.html>. – Загл. с экрана.
8. Marakas G.M. Decision support systems in the twenty-first century. – Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 1999. – 521 p.
9. Богдан С.А., Ковин Е.А., Кудинов А.В., Марков Н.Г. Инструментальные средства разработки систем оперативного диспетчерского управления газотранспортными сетями // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 7. – С. 56–64.

Поступила 08.10.2008 г.