

Некоторые аспекты формирования корпоративных информационных сетей в условиях горно-обогатительного производства

(в порядке обсуждения)

академик Назаренко В.М., канд. техн. наук, эксперт Назаренко М.В., КрТО МАКНС,
соискатель Купин А.И., Криворожский технический университет

Актуальность создания информационной сети предприятия

В наше время уже невозможно оспаривать тот факт, что именно компьютерная техника и телекоммуникации, а также основанные на их использовании информационные технологии определяют уровень и темпы развития экономики наиболее развитых стран. Об этом можно судить хотя бы потому, что годовой оборот компаний занятых разработкой, производством и сопровождением аппаратного и программного обеспечения стремительно растет, а собственный капитал ведущих корпораций (IBM, Intel, MicroSoft и др.) уже приобретает транснациональные размеры. К примеру, годовой оборот одного только концерна MicroSoft за 1996/7 финансовый год составил [1] 11.36 млрд. долларов (для сравнения, весь консолидируемый внутренний валовой продукт (ВВП) Украины за тот же период - порядка 80.51 млрд.грн., т.е. что-то около 40.26 млрд. долларов).

Наиболее важными, на сегодняшний день, областями применения компьютерной техники является - автоматизация проектных работ, технологических производственных процессов, делопроизводства, образования, диагностика технического и информационного состояния, а также ряд других сфер. Наряду с этими, одной из самых важных и наиболее интенсивно развивающихся, последнее время, областей является следующая. Это - создание информационных сетей (ИС), от локальных, которые позволяют сделать общедоступными местные вычислительные ресурсы, до глобальных, объединяющих уже целые предприятия, города, страны и все человечество в единое информационное сообщество.

На современном этапе развития горно-добывающей и горно-перерабатывающей отраслей промышленности Украины, в условиях рыночной экономики при все более возрастающей конкуренции между производителями как на внутреннем так и на внешнем рынках, а также при общем резком удорожании или дефиците энергоресурсов, вопросы информатизации и автоматизации производства стали выходить на ведущие позиции. Горно-обогатительные комбинаты (ГОКи) здесь не являются исключением. Это связано, в первую очередь, с тем, что в часто изменяющейся экономической ситуации и общей нестабильности, которые

свойственны переходному периоду, переживаемому сейчас нашей страной, владение оперативной и достоверной информацией на производстве, а также быстрое принятие решений - является, по сути дела, вопросом выживания того или иного предприятия. Возьмем, к примеру, такой вопрос как, контроль за расходом энергоресурсов (электроэнергия, газ, кислород) и технической воды. Если, ранее еще 5-10 лет назад, их стоимость, а следовательно и удельный вес в себестоимости конечной продукции, были относительно невысокими. К примеру доля электроэнергии в себестоимости 1 тонны произведенного концентрата, по данным Ингулецкого ГОКа за 1985г.[6], составляла около 10%. Сейчас, в условиях рыночной экономики, удельный вес все той же электроэнергии уже достигает 30% (по показателям Ингулецкого ГОКа за 1997г.). Поэтому, одним из путей снижения себестоимости продукции, в данном случае, будет внедрение подсистем автоматизированного сбора информации и жесткого контроля за расходом энергоресурсов и технической воды.

Опыт ведущих зарубежных корпораций (Ford Motor Company, Bell, Hewlett - Packard [2]) показывает, что создание современных, научно-обоснованных с экономической, технической и практической точек зрения корпоративных информационных сетей - является не только одним из наиболее перспективных направлений применения вычислительной техники на производстве, но и позволяет успешно решать вопросы, связанные с глобальной информатизацией производства.

Применительно к условиям горно-добывающей и горно-перерабатывающей отраслям промышленности здесь нельзя не отметить еще один важный аспект. Дело в том, что доля заработной платы в себестоимости конечной продукции на горно-рудных предприятиях Запада довольно высока и доходит до 50% (для сравнения, на наших предприятиях не более 4-6%). Кроме этого, повышенная опасность получения производственных травм, профессиональных заболеваний, общая вредность такого производства - влечет за собой дополнительные выплаты из различных фондов страхования. Внедрение информационных технологий, их постоянное совершенствование и развитие, наряду с комплексной автоматизацией наиболее трудоемких производственных процессов, способствуют снижению затрат по оплате труда и прочим социальным выплатам за счет высвобождения излишней рабочей силы. Таким образом, себестоимость конечной продукции снижается, а ее конкурентоспособность растет.

Анализ существующих концепций по формированию информационных сетей в горно-обогатительной отрасли

Если подробно проанализировать основные подходы к построению информационной сети на горно-обогатительных комбинатах Украины, то получается следующая картина.

На Полтавском ГОКе сетями занимаются с 1991г. За это время уже создано несколько сегментов информационной сети на основе архитектур Ethernet(с максимальной скоростью передачи данных до 10 Мбит в секунду) и TokenRing (до 16 Мбит/сек.), а также проектируются новые, в том числе и более скоростные (до 100 Мбит/сек.), на основе оптоволоконной (FDDI) технологии. Применяются различные топологии построения сети. Используются специализированные серверы и мощные сетевые операционные системы типа Novell NetWare, Unix, Windows NT. Также, здесь удачно объединены: высокопроизводительная и достаточно дешевая мэйнфреймовая архитектура сети с традиционной(т.е. на основе рабочих станций типа PC). Высокая производительность мэйнфреймовой архитектуры(типа COMPAREX) достигается за счет разделенной мультипроцессорной обработки запросов и использования цифровых модемных каналов связи с удаленными терминалами. Планируется подключение к сети, в общей сложности, порядка 500 рабочих станций и терминалов мэйнфрейма, которые уже имеются в наличии на комбинате. Сеть должна будет охватывать все территорию предприятия. Используется разнообразное программное обеспечение, в то числе и мощные современные СУБД типа ORACLE и ACCESS.

Ингулецким ГОКом разрабатывается проект построения корпоративной информационной сети на основе технологии IntraNET, которая является сейчас, по сути дела, мировым стандартом. Предполагается подключение к информационной сети всех основных подразделений комбината, рассредоточенных по территории. При этом предусмотрено применение целого ряда современных нетривиальных решений. Это, например, воздушная линия AIRLine, для соединения отдельных сегментов сети, расположенных в различных зданиях. Сюда же можно отнести внедрение системы “Сатурн”, позволяющей автоматизировать контроль за расходом электроэнергии и технической воды на комбинате. Отличительной чертой данного проекта является то, что предпринята попытка объединения в одной сети различных платформ, в том числе и довольно устаревших типа СМ и ЕС, с возможностью поэтапной замены последних на более новые.

Необходимо отметить, что немаловажную роль здесь играет тот факт, что руководство комбинатов (Полтавского и Ингулецкого) четко и своевременно осознает необходимость и важность создания информационной сети для производства.

В силу различных обстоятельств на Южном ГОКе сейчас решение целого ряда задач, связанных с автоматизированным контролем основных технологических параметров, а также все централизованные расчеты бухгалтерского учета производятся на ЭВМ типа СМ и ЕС. Сейчас это сопряжено с определенными трудностями ввиду того, что технические ресурсы эти машин уже близки к исчерпанию. Также на комбинате имеется несколько сегментов локальной сети на основе архитектуры Ethernet и

низкоскоростной ArcNET (до 1.5 Мбит/сек.). В качестве серверов (Novell Netware) используются обычные компьютеры типа PC. Некоторые сегменты, рассредоточенные в различных цехах комбината, сообщаются между собой посредством коаксиального кабеля или модемной связи. Специалистами комбината своими силами разработана схема модернизации, рассчитанная на создание информационной сети с использованием современной сетевой архитектуры Fast Ethernet (со скоростью передачи 100 Мбит/с) и охватом всех подразделений комбината. Предусмотрены специализированные файл-серверы, позволяющие заменить морально и физически устаревшую вычислительную технику. В связи с трудностями, в основном, финансового характера сейчас проводится только поэтапная реализация данного проекта.

Концепции построения информационных сетей на других ГОКах(Новокриворожском, Северном, Центральном) во многом довольно сходны между собой. Они основываются на создании локальных вычислительных сетей(ЛВС) с архитектурой EtherNET, состоящие из 1-2 сегментов, которые расположены в одном здании Информационно Вычислительного Центра(ИВЦ). Эти сети включают небольшое число рабочих станций (30-40) типа PC и один или несколько неспециализированных файловых серверов (Novell Netware). Отличительной особенностью ОАО "СевГОК" является то, что здесь, в рамках создаваемой подсистемы управления материальными ресурсами комбината, предусмотрена передача данных от удаленных рабочих мест посредством модемной связи с использованием обычных коммутируемых каналов. Применяемое программное обеспечение (ПО), в основном, разрабатывается самостоятельно под конкретные задачи. При том используются, как правило СУБД типа X-BASE (FoxPro, R-Base, FoxBase, CLIPPER или их модификации). Следует отметить, что достоинствами такого подхода к созданию информационной сети является - низкие затраты на ее создание и простота обслуживания. Однако, в концепцию здесь изначально заложены и определенные недостатки. В силу последнего тезиса можно отнести, как минимум, два обстоятельства:

- 1) без использования аппаратного обеспечения, специально оптимизированного для работы в сети (хотя-бы файловые серверы) - вряд ли возможно добиться приемлемой производительности ЛВС[4];
- 2) ПО, описанное выше разрабатывалось и ориентировано изначально на работу PC в монопольном режиме, а некоторые ограниченные возможности работы в сетевом варианте были искусственно введены в эти СУБД гораздо позднее (например, FoxPro LAN). Как показывает практика, приложения, построенные на основе технологии X-BASE: малопродуктивны при работе в сети с большим числом взаимосвязанных (реляционных) баз данных. Это не позволяет

реализовать современные подходы при использовании СУБД(например, стратегию “Клиент-Сервер” и др.).

Обоснование необходимости научного подхода к формированию информационных сетей

Как показывает предварительный анализ, положение дел в вопросе создания информационных сетей в горно-обработывающей отрасли Кривбасса и за его пределами находится в стадии развития. Если рассматривать конкретно, то на сегодняшний день, дальше всех здесь продвинулись Полтавский, Ингулецкий и Южный ГОКи. Здесь имеются ряд перспективных наработок и накоплен некоторый опыт их внедрения на производстве. Однако, четко выраженного целостного научного обоснования своей концепции формирования информационной сети, подкрепленного экономическим анализом - нигде не прослеживается. Это обуславливается, в первую очередь, тем, что необходимость и целесообразность таких разработок обосновывается, как правило, сугубо с практической точки зрения. А все проектные и монтажные работы ведутся либо своими силами, либо с привлечением коммерческих структур, заинтересованных, в первую очередь, в максимизации своей прибыли за счет клиента.

Учитывая все вышеперечисленные обстоятельства и тот факт, что вопросы научного подхода к созданию информационных сетей на предприятиях горно-обработывающей отрасли промышленности пока еще слабо разработаны, Криворожским территориальным отделением Международной Академии компьютерных наук и систем совместно с кафедрой Информатики, автоматизации и систем управления Криворожского технического университета проводится комплекс исследований в данном направлении. Объектом наших исследований является - построение научной концепции для создания современной корпоративной(а в дальнейшем, возможно, и глобальной) информационной сети применительно к условиям горно-обогачительного комбината. Такая сеть должна позволить в режиме реального времени решать следующие, актуальные на сегодняшний день для данной отрасли производства задачи, такие как оперативное управление производством, технико-экономическое планирование, управление качеством продукции, автоматизированный контроль и учет за расходом энергоносителей и рядом технологических компонентов, управление персоналом и других важных задач.

Основные локальные критерии формирования ИС

Для качественной оценки эффективности существующей либо проектируемой информационной сети любого предприятия должны быть

сформированы четкие критерии ее формирования, относительно которых можно судить о степени соответствия конкретной сети определенным требованиям и стандартам.

Наш подход, по данной проблеме, заключается в выделении ряда, так называемых, локальных критериев формирования ИС, приведение их к стоимостной форме и, лишь затем, путем построения и минимизации целевой функции, учитывающей все полученные локальные зависимости, синтезировать обобщенный критерий формирования корпоративной информационной сети ГОКа.

Ниже, в порядке убывания степени важности, будет приведен ряд локальных критериев, сформированных и обоснованных с учетом особенностей присущих горно-обогатительному производству. Все критерии, в том числе и не носящие, на первый взгляд, ярко выраженной экономической направленности, удалось перевести в стоимостную форму.

1. *Локальный критерий экономической эффективности*, сводящийся к минимизации приведенных затрат на создание корпоративной информационной сети, применительно к условиям ГОКа.

В аналитической форме может быть представлен следующим образом:

$$Q_{\text{ИС}} = K \sum_{i=1}^N Q_i \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где $Q_{\text{ИС}}$ - приведенные затраты на создание информационной сети (ИС);

$Q = \{ Q_1, Q_2, \dots, Q_N \}$ - вектор расходных(затратных) статей на реализацию проекта в порядке их возникновения;

N - общее количество статей затрат по смете.

В условиях ГОКа число затратных статей равняется семи ($N=7$). То есть, вектор затрат на создание корпоративной ИС включает семь составляющих, а именно:

Q_1 - затраты на проектирование;

Q_2 - затраты на приобретение аппаратного обеспечения;

Q_3 - затраты на проведение монтажных работ;

Q_4 - затраты на приобретение программного обеспечения;

Q_5 - затраты на прогонку(тестирование);

Q_6 - эксплуатационные затраты и сопровождение;

Q_7 - затраты будущих периодов, связанные с возможностью модернизации или расширения существующей ИС;

K - нормативный коэффициент использования оборудования (**K=0.15**, для предприятий черной металлургии и машиностроения).

Данный локальный критерий экономической эффективности внедрения информационной сети в условиях ГОКа - является ведущим потому, что позволяет оценить затратную часть данного проекта. Исходя из приведенных затрат, можно судить о степени соответствия примененных технических решений построения ИС к условиям и финансовым возможностям конкретного ГОКа. К примеру, общие затраты на модернизацию существующей информационной сети, проводимую Южным ГОКом составляют порядка 2 млн. у.е. Ввиду сложной финансовой ситуации, на этом комбинате потребовалось дальнейшее обоснование финансовой стороны проекта модернизации ИС. В настоящее время, указанная смета все таки утверждена, но реализация проекта, по тем же причинам, проводится только поэтапно.

2. *Локальный критерий оптимальной работы ИС*, сводящийся к максимизации производительности сети (трафика) и степени загрузки всех вычислительных мощностей.

Аналитически данный критерий может характеризоваться коэффициентом загрузки оборудования и коммуникаций (**K_{зо}**), который, в общем случае, определяется суммой отношений фактических параметров системы к их максимальным значениям.

$$K_{zo} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{C_{\phi_i}}{C_{max_i}}, \quad (2)$$

где **C_{φ_i}**

 - фактическое значение определенного *i*-го параметра системы (например, трафика); **C_{max_i}** - его максимально возможное значение; **N** - максимальное количество рассматриваемых параметров.

Применительно к ИС, создаваемой на ГОКе, зависимость (2) может быть представлена коэффициентами **K_{зо₁}**

 и **K_{зо₂}** :

$$K_{zo_1} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{V_{\phi_i}}{V_{max_i}}$$

$$K_{30_2} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \frac{T_{\phi_j}}{T_{\max_j}}$$

где K_{30_1} - коэффициент загрузки сетевых коммуникаций; V_{ϕ_i} - фактическое значение трафика в i - том сегменте ИС; V_{\max_i} - максимально возможное значение трафика в i - том сегменте ИС; N - общее число сегментов ИС;

K_{30_2} - коэффициент загрузки вычислительных мощностей; T_{ϕ_j} - фактическое время работы j -й ЭВМ; T_{\max_j} - полное время работы для j -й ЭВМ; M - общее количество ЭВМ в ИС.

В целом, чем больше K_{30_1} и K_{30_2} , тем рациональнее используется оборудование.

В стоимостной форме критерий оптимальной работы информационной сети ГОКа может быть представлен через величину невостробованной стоимости ($S_{\text{НВ}}$) оборудования в виде:

$$S_{\text{НВ}} = S_1 (1 - K_{30_1}) + S_2 (1 - K_{30_2}) \Rightarrow \min, \quad (3)$$

где S_1 - общая стоимость всего коммуникационного оборудования, входящего в состав ИС(кабель, сетевые адаптеры, концентраторы, маршрутизаторы, мосты, репитеры и т.д.); S_2 - общая стоимость всего вычислительного оборудования, входящего в состав ИС(сервера, рабочие станции, мэйнфреймы, мини-ЭВМ и т.д.).

Невостробованная стоимость оборудования характеризует ту долю его общей стоимости, которая безвозвратно утеряна в результате нерационального использования, недозагрузки (вынужденных простоев не вызванных поломками, авариями и т.п.) вычислительных мощностей и пропускной способности сетевых коммуникаций.

3. *Локальный критерий устойчивости ИС*, характеризующий степень устойчивости проектируемой корпоративной информационной сети ГОКа к сбоям, отказам (в том числе из-за человеческого фактора, например, по причине несанкционированного доступа с умышленным или

неумышленным нарушения работоспособности ИС), зависаниям ПО, перегрузкам, авариям коллизиям и т.д.

Аналитически может быть представлен через коэффициент готовности (K_G), который определяет вероятность того, что ИС будет исправна в произвольно выбранный момент времени в промежутках между плановыми и техническими обслуживаниями [5].

$$K_G = \sum_{i=1}^N T_i / \left(\sum_{i=1}^N T_i + \sum_{i=1}^N T_{B_i} \right)$$

где T_i - время исправной работы ИС между $(i - 1)$ -м и i -м отказом; T_{B_i} - время восстановления работоспособности ИС после i -го отказа; N - число отказов ИС за время испытаний или эксплуатации.

Чем больше величина коэффициента готовности, тем надежнее система в целом.

В стоимостной форме данный критерий может быть выражен через сумму убытков, которые может понести комбинат в результате возможного отказа отдельного сегмента (сегментов) ИС или всей корпоративной сети ГОКа в целом.

$$S_y = (1 - K_1)A \cdot K_{ГК} (1 - K_2)Q_K \cdot T \Rightarrow \min, \quad (4)$$

где K_1, K_2 - коэффициенты, характеризующие доли издержек, за счет снижения качества выпускаемой продукции и ее количества соответственно (по причине отказов или сбоев в ИС); $K_{ГК}$ - коэффициент готовности функционирования ГОКа; A - стоимость единицы продукции (грн./т); Q_K - плановая производительность ГОКа (т/час); T - время работы комбината в году (в часах).

Необходимо отметить, что точное вычисление коэффициентов K_1, K_2 и $K_{ГК}$ - довольно затруднено, ввиду многофакторности последних. Однако, возможно их приближенное вычисление применительно к конкретной структурной схеме ИС, путем прогнозирования вероятности отказов сетевого оборудования, а также их возможных последствий, с помощью методов имитационного моделирования.

Построение обобщенного критерия формирования ИС в условиях ГОКа

Так как все локальные критерии, приведенные выше, имеют идентичную форму (стоимостную), то функция цели (**W**) для обобщенного критерия формирования информационной сети ГОКа на основании зависимостей (1, 2, 3, 4) может иметь вид:

$$\mathbf{W} = \mathbf{Q}_{\text{ис}} + \mathbf{S}_{\text{нв}} + \mathbf{S}_y \quad (5)$$

Сам же обобщенный критерий теперь просто сводится к минимизации целевой функции(5). То есть,

$$\mathbf{W} \Rightarrow \min$$

Перспективы дальнейшего развития информационных сетей в условиях ГОКов

Необходимость развития информационных сетей на ГОКах довольно очевидна. Большие объемы обрабатываемой информации различного характера, высокая рассредоточенность отдельных подразделений по территории ГОКа и необходимость оперативного обмена информацией между ними, необходимость оперативного управления производством: все это - круг лишь основных задач, которые призвана решать информационная сеть в условиях горно-обогатительного производства.

Как показывает практика, наиболее подходящей стратегией построения ИС на крупных предприятиях, где отдельные подразделения рассредоточены на большие расстояния - является концепция корпоративной информационной сети [3]. Другими словами - это создание сети, состоящей из подсетей, объединенных между собой, к примеру, при помощи шлюзов. То есть, на каждом отдельном подразделении предприятия(цех, корпус, здание и т.д.) существует отдельная независимая сеть(сегмент). Однако, в случае необходимости подсети могут свободно обмениваться информацией между собой через специальные шлюзы. Конечно, при этом еще используются дополнительная аппаратура для коммутации (маршрутизаторы, мосты) и специальные сетевые протоколы (например, типа ТСР/Р, X.25 и др.).

Похожие концепции уже реализуются на Ингулецком и Полтавском ГОКах. В пользу оптимальности именно такой стратегии построения ИС для ГОКов можно отнести ряд факторов:

- концепция построения корпоративных сетей давно используется и хорошо себя зарекомендовала, а все аппаратное и программное обеспечение постоянно совершенствуется [3,7];
- возможность интеграции различных платформ вычислительной техники, сетевых архитектур и т.д. [3];
- максимальный охват всех подразделений ГОКа;
- свободная расширяемость и модернизация сети, что очень важно, потому, что, рано или поздно, на комбинате обязательно возникнет такая необходимость [4];
- высокая адаптивность, надежность и отказоустойчивость подобных сетей [7];
- возможность оперативного доступа в режиме реального времени к общим ресурсам ИС ГОКа;
- возможность последующей интеграции в глобальные сети[3].

Такая концепция ориентированна, в первую очередь, на работу с мощными современными сетевыми ОС (типа UNIX, Novell NetWare, Windows NT) и СУБД (типа ORACLE, Informix), где, на сегодняшний день, сосредоточены громадные наработки в области сетевых информационных технологий и типовые решения поставленных задач. Также, эти системы постоянно развиваются и являются открытыми для использования другого ПО. Например, возможно использование ведущих организационно-экономических пакетов для предприятий (типа R/2 и R/3 фирмы SAP AG и др.).

Таким образом, описанная выше стратегия построения корпоративных информационных сетей полностью приемлема в условиях ГОКов и, на наш взгляд, является наиболее перспективной концепцией для дальнейшего развития ИС подобных предприятий. Поэтому, этапами нашей дальнейшей работы является - исследование различных структурных схем и типовых подходов к формированию корпоративных ИС, а также особенностей аппаратного и программного обеспечения таких сетей. Это необходимо для построения оптимальной структуры сети, которая, должна наиболее полно, соответствовать описанным критериям и способствовать решению актуальных задач, связанных с обработкой и передачей информации, применительно к требованиям, предъявляемым горно-обогатительным производством на современном этапе.

Литературные источники

1. Взлеты и падения // Компьютерный журнал СНИР.-1997.- №11.-с.12.
2. Взлеты и падения // Компьютерный журнал СНИР.-1997.- №12.-с.12.
3. **Стен Шатт.** Мир компьютерных сетей: Пер. С английского-К.: ВНУ, 1996 - 288с.
4. **Нессер Д.Дж.** Оптимизация и поиск неисправностей в сетях.-К.: "Диалектика", 1996.- 384с.
5. **Горяинов В.Т., Журавлев А.Г., Тихонов В.М.** Статистическая радиотехника: Примеры и задачи. Учебн. Пособие для вузов/ Под ред. В.И.Тихонова. 2-е изд., перераб и доп.- М.: Сов.радио, 1980.-544с.
6. Черная металлургия в 1990г. Систематизация технико-экономических показателей работы предприятий черной металлургии СССР: Сборник технико-экономических показателей по обогащению железных и марганцевых руд и окомкованию концентратов.- Кривой Рог: НИПИ МЕХАНОБРЧЕРМЕТ.-1990.
7. **Стенг Д., Мун С.** Секреты безопасности сетей -К.: "Диалектика", 1995.- 544с.