

## МОДЕЛЬ СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

**Постановка задачи.** Современные тенденции развития инфокоммуникаций требуют разработки новых методов синтеза телекоммуникационных сетей (ТС) с целью создания удобного автоматизированного инструмента планирования сетей, отвечающего не только сложившейся ситуации, но и учитывающего направления дальнейшего развития [1]. Такой инструмент необходим, поскольку на современном этапе развития телекоммуникаций традиционное планирование устарело, ибо оно основано на планировании отдельных узлов или отдельных фрагментов сетей, и не учитывает их взаимосвязи и взаимодействия во времени и в пространстве [2].

Предоставление услуг по обработке данных является той чертой информационных сетей, которая отличает их от сетей, предоставляющих услуги только по передаче информации, то есть телекоммуникационных сетей. Следовательно, ТС это подсистема информационной сети. Телекоммуникационные сети относятся к классу больших систем, что предопределяет сложность их создания и эксплуатации. Из этого следует, что они не могут быть созданы за короткий интервал времени, поэтому одни фрагменты ТС уже могут эксплуатироваться, другие – проектироваться, а третьи – только исследоваться. Особенности ТС как большой системы являются [3]:

- большое число конечных пунктов и узлов и их неоднородность;
- малая связность, то есть наличие непосредственной связи каждого пункта лишь с небольшим числом соседних пунктов;
- длительность существования с постепенным наращиванием емкостей и расширением предоставляемых услуг;
- большое разнообразие требований к доставке различных сообщений;
- неоднородность пропускных способностей линий (каналов);
- территориальная неоднородность и неоднородность тяготений между отдельными конечными пунктами.

Поскольку ТС является большой системой, для ее анализа и синтеза необходимо применять целый ряд различных моделей, отражающих определенные аспекты функционирования системы. Особенно важно при планировании ТС учитывать одновременное изменение сети и во времени и в пространстве. Общая постановка задачи синтеза ТС как большой системы приведена в [4]. Созданию пространственно-временной математической модели ТС посвящена работа [5]. Различные аспекты синтеза ТС в условиях модели, представленной в [5] рассмотрены в работах [6-14]. На основе выполненных исследований сделан вывод, что наиболее полно учесть все факторы, влияющие на процесс развития ТС можно методом имитационного моделирования, в связи с этим в работах [15, 16] приведено алгоритмическое решение задачи синтеза развивающейся ТС, а в [17,18] рассмотрена ее программная реализация. Основное назначение модели – определение оптимального сценария эволюции при минимизации стоимостных показателей. Исследуемая модель модернизации сети может быть использована для сравнения различных сценариев эволюции сети и выбора наиболее целесообразного из них, по экономическому критерию, с учетом технических требований и ограничений, накладываемых администрацией исследуемой сети.

Ниже рассмотрен один из примеров использования созданной имитационной модели. В этом примере выполнена оптимизация процесса развития фрагмента ТС большого города.

**Описание исследуемой сети.** Рассматриваемый фрагмент сети состоит из восьми коммутационных узлов и обслуживает территорию типичного быстроразвивающегося района на окраине большого города. Между рассматриваемой территорией и остальной

частью города существует природная преграда, ограничивающая связь рассматриваемого фрагмента сети с центром города. Конфигурация рассматриваемого фрагмента сети показана на рис. 1, статистические данные о нем приведены в табл. 1.

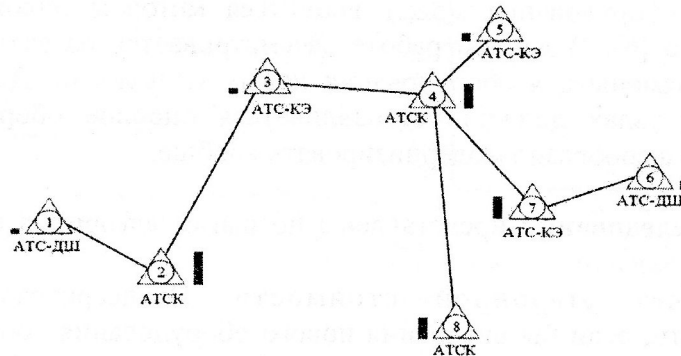


Рис. 1. Начальное состояние исследуемой сети

Таблица 1.  
Параметры сети и исследования

| Параметры сети и исследования                  | Значение |
|--|----------|
| Длительность исследуемого периода, лет         | 20       |
| Количество узлов                               | 8        |
| Коммутационные узлы различного типа, ед.       | 9        |
| Емкость существующих УК на начало исследования |          |
| Декадно-шаговые (процентов от общего числа)    | 16       |
| Координатные (процентов от общего числа)       | 57       |
| Квазиэлектронные (процентов от общего числа)   | 26       |
| Средние темпы роста сети (линий/узел/год)      | 565      |
| Среднее расстояние между узлами (км)           | 47       |

Параметры рассматриваемых аналоговых и цифровых систем коммутации приведены в табл. 2.

Таблица 2.  
Параметры коммутационного оборудования

| Тип коммутационного оборудования | Форма представления сигналов (А – аналоговая, Ц – цифровая) | Емкость, тыс. №№ |
|----------------------------------|---|------------------|
| Декадно-шаговое                  | А   | 10               |
| Координатное                     | А   | 10               |
| Квазиэлектронное                 | А   | 2,5              |
| Цифровое, опорное                | Ц   | 100              |
| Удаленный абонентский модуль     | Ц   | 1                |

В качестве стоимостных параметров для аналоговых и цифровых коммутационных узлов и оборудования передачи в модели использованы реальные затраты типичного оператора [7]. Не применялись никакие специфические ограничения на процесс развития узла.

Перспективное оборудование может вводиться методом наложения или методом замены существующего [6]. В данной работе рассматривается развитие сети, сочетающее методы наложения и замены для оборудования новых технологий. Для этого необходимо определить, на каких узлах должно устанавливаться опорное оборудование, на каких выносное, а какие нецелесообразно модернизировать вообще.

Результаты исследования представлены по шагам алгоритма использованного для решения поставленной задачи:

Шаг 1. Расчет эталонной стоимости. Предварительно рассчитывается стоимость развития сети, если бы внедрения нового оборудования вообще не происходило (стратегия продолжающегося роста). Это можно сделать, при помощи формул, выведенных в [13]. Эта стоимость будет использоваться в качестве эталона для определения экономической целесообразности принятых решений и составляет  $C^A = 47\,067$  (Все затраты приведены в тысячах \$ США).

Шаг 2. Расчет затрат на развитие узлов. Структуру затрат на развитие каждого узла сети отражает рис. 2. На рисунке приведены восемь графиков, по одному для каждого из восьми узлов оптимизируемой сети, и использованы следующие обозначения:

$C_i^A$  - стоимость развития узла  $i$  существующим оборудованием;

$C_i^{0B}(t)$  - стоимость развития опорного узла  $i$ , при наложении в момент  $t$ ;

$C_i^{rB}(t)$  - стоимость развития опорного узла  $i$ , при замене в момент  $t$ ;

$C_i^{0R}(t)$  - стоимость развития выносного узла  $i$ , при наложении в момент  $t$ ;

$C_i^{rR}(t)$  - стоимость развития опорного узла  $i$ , при замене в момент  $t$ .

Шаг 3. Размещение опорных узлов. Задача определения расположения опорного оборудования, обеспечивающего минимальную стоимость развития сети, с соблюдением ограничений по доступности оборудования сводится к классической задаче линейного программирования – транспортной задаче, сформулированной в [16] и обозначенной P1.

Решением процедуры оптимизации P1 является множество значений  $X = \{x_{it}^*\}$ ,  $Y = \{y_i^*\}$  и  $Z = \{z_{it}^*\}$ , соответствующих минимальному значению целевой функции, где логические переменные  $x_{it}$ ,  $y_i$  и  $z_{it}$  определены как:

$$x_{it} = \begin{cases} 1, & \text{если на узле } i \text{ в момент } t \text{ устанавливается вынос;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если на узле } i \text{ оставляется существующее оборудование;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

$$z_{it} = \begin{cases} 1, & \text{если на узле } i \text{ в момент } t \text{ устанавливается опорное оборудование;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

В соответствии с методами решения задачи оптимального распределения ресурсов P1 (часто называемой транспортной задачей) [19] множество всех узлов сети разбивается на три взаимно непересекающихся класса:

$$I_A = \{i \in I \mid y_i^* = 1\} - \text{узлы, остается существующее оборудование;}$$

$$I_B = \left\{ i \in I \mid \sum_{t \in T} z_{it}^* = 1 \right\} - \text{узлы, на которых устанавливается новое опорное оборудование.}$$

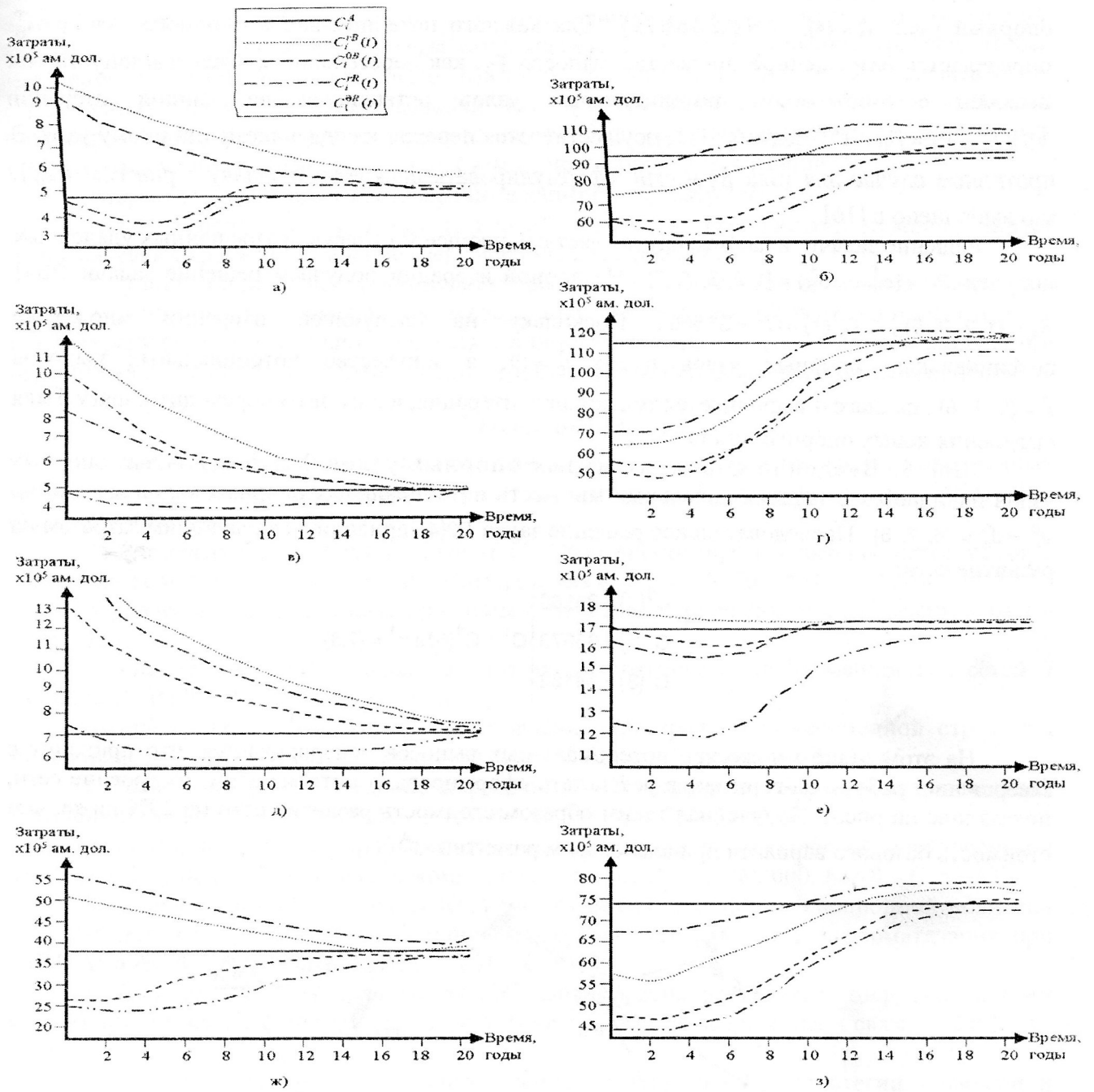


Рис. 2. Затраты на развитие каждого узла исследуемого фрагмента сети

$I_R = \left\{ i \in I \mid \sum_{t \in T} x_{it}^* = 1 \right\}$  — узлы, на которых устанавливаются новые выносные модули.

Для задачи  $P1$  получено следующее решение:

$$x_{16}^* = x_{22}^* = x_{36}^* = x_{58}^* = x_{64}^* = x_{74}^* = x_{82}^* = 1 \quad z_{42}^* = 1.$$

$$I_A = \emptyset$$

$$I_R = \{1, 2, 3, 5, 6, 7, 8\}$$

$$I_B = \{4\}$$

$$C^B = 40238.$$

Шаг 4. Размещение выносов. На шаге 3 определен только один потенциальный опорный узел:  $l_s^0 = \{4\}$ ,  $l_r^0 = \{1,2,3,5,6,7,8\}$ . Для каждого потенциального опорного узла  $\beta \in l_s^m$  определяется разрешенное множество выносов  $R_\beta$ , как пересечение множества допустимых выносов с множеством потенциальных узлов оставшихся на данной итерации  $\forall \beta \in l_s^m \quad R_\beta = R_\beta \cap l_r^m$ . Если  $R_\beta = \emptyset$ , осуществляется переход к следующему опорному узлу. В противном случае для узла  $\beta$ , можно сформулировать дискретную задачу о рюкзаке  $P2(\beta)$ , что выполнено в [16].

Решение задачи в данном случае дает следующее множество разрешенных удаленных модулей  $P_4 = \{\sigma_1^1, \dots, \sigma_5^1\} = \{1, 2, 3, 5, 7\}$ . На данной итерации получаем решение задачи  $P2(4)$   $\bar{\sigma}_4 = \{1, 2, 3, 5\}$ ,  $C^0(4) = C^0 = 33560$ . Поскольку на следующей итерации множество потенциальных опорных узлов пусто  $l_s^1 = \emptyset$ , а множество потенциальных выносов  $l_r^1 = \{6, 7, 8\}$ , на шаге 4 выполняется только одна итерация, и алгоритм переходит к шагу 5 для выделения новых опорных узлов.

Шаг 5. Введение дополнительных опорных узлов. Установка новых опорных узлов начинается с задания начальных множеств потенциальных опорных узлов и выносов  $J_r^0 = J_s^0 = \{6, 7, 8\}$ . Последовательное решение задач  $P2(4)$  приводит к следующим затратам на развитие сети:

$$\left. \begin{aligned} C^1(6) &= 33560 \\ C^1(7) &= 33673 \\ C^1(8) &= 34162 \end{aligned} \right\} C^1 = C^1(6) \text{ и } \sigma^1 = \{7,8\}.$$

На этом этапе множество потенциальных выносов исчерпывается, что приводит к завершению работы алгоритма, в результате сформировано оптимальное построение сети, показанное на рис. 3. Полученная таким образом стоимость развития сети на 29% ниже, чем стоимость базового варианта при аналоговом развитии  $C^A$ .

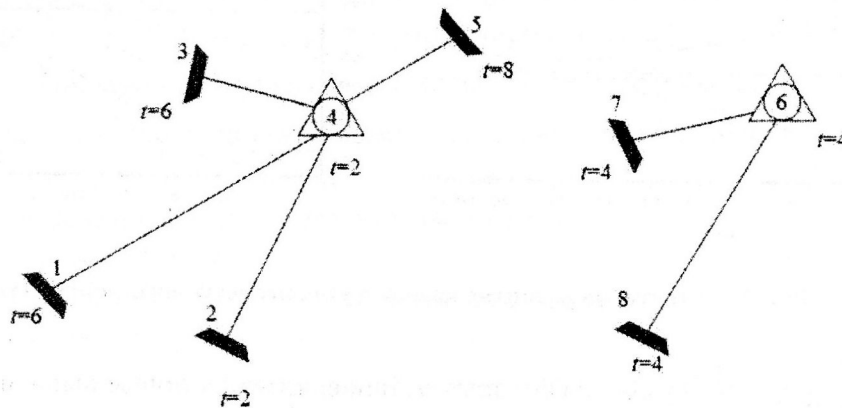


Рис. 3. Оптимальный вариант развития сети

Хотя коммутационная составляющая затрат этого решения на 0,8% выше, чем в следующем по оптимальности решении, где узел 7 обслуживает выносы 6 и 8, составляющая затрат на передачу в выбранном решении на 2,1% ниже, что приводит к суммарному лучшему результату.

В примере, использован ряд ограничений по доступности оборудования для первых 5 лет 20-летнего периода изучения. Хотя этот наиболее простой метод, позволяющий учитывать краткосрочные финансовые ограничения, его использование требует, чтобы выделение инвестиций в сеть было известно до того, как оно будет переведено в ограничения по доступности оборудования. В связи с этим разработан подход, учитывающий краткосрочные инвестиционные ограничения при долгосрочном исследовании. Этот метод основан на двух последовательно выполняемых процедурах оптимизации:

- первая минимизирует краткосрочные капитальные затраты;
- вторая использует результаты первой в качестве ограничений и минимизирует экономический критерий в течение всего периода исследования.

Результаты показали, что в результате работы рассмотренного алгоритма может быть получен минимальный уровень краткосрочных инвестиций. Тогда соответствующая конфигурация сети может использоваться как базовая, определяющая начальные бюджетные ограничения, для получения оптимальной структуры сети при долгосрочном исследовании.

### Список литературы

1. *Варакин Л.Е.* Направления развития инфокоммуникаций на основе современных технологий и мировых тенденций // Труды международной академии связи.– 2001.– №1 (17).– С. 2-13.
2. *Захарченко Н.В. Гайворонская Г.С.* Особенности проектирования сетей связи в современных условиях // Труды УГАС "Информатика и связь".– 2000.– №3.– С. 11-18.
3. *Давыдов Г.Б.* Некоторые проблемы оптимизации развития сетей // Электросвязь.– 1985.– №2.– С. 1-5.
4. *Гайворонская Г.С.* Проблема синтеза развивающихся информационных сетей // Сборник ДУИКТ.– 2005.– №3.– С 14-21.
5. *Гайворонская Г.С.* Метод представления пространственно-временной структуры модернизируемой телекоммуникационной сети // Зв'язок.– 2006.– №4.– С. 36-45.
6. *Гайворонская Г.С.* Введение цифрового коммутационного оборудования на местной телефонной сети // Зв'язок. – 2000.– ч. 1, №4.– С. 31-33, ч. 2, №5.– С. 31-34.
7. *Гайворонская Г.С.* Проблемы выбора ЦСК для создания плоской двухуровневой сети связи Украины // Телеком (телекоммуникации и сети).– 25-26/2000, №7-8.– С. 54-63.
8. *Гайворонская Г.С.* Экономические аспекты оптимизации эволюционной политики развития местных сетей связи // Сборник международной академии информатизации при ООН: Acta Academia, Chisinau Evrica.– 2001.– С. 93-98.
9. *Панфилов И.П., Гайворонская Г.С.* Оптимизация размещения цифровых систем коммутации на местной телефонной сети // Труды УГАС "Информатика и связь".– 2001.– С. 35-39.
10. *Гайворонская Г.С.* Определение оптимальной стратегии эволюции телекоммуникационной сети методом нелинейного программирования // Труды VI Международной НПК "ССПОИ".– О.: УГАС, 2002.– С. 72-73.
11. *Гайворонская Г.С.* Оптимизация выбора сценария эволюции местной телефонной сети // Зв'язок.– 2002, № 1.– С. 56-58.
12. *Гайворонская Г.С., Фомсиков А.С.* Исследование некоторых аспектов модернизации телекоммуникационной сети // Сборник международной академии информатизации при ООН, Acta Academia, Chisinau: Evrica.– 2002, С. 155-164.
13. *Гайворонская Г.С.,* Оптимизация стратегии эволюции узла коммутации методом нелинейного программирования // Праці УНДІРТ.– 2002, № 4(32), С. 60-62.
14. *Гайворонская Г.С.* Один из подходов к синтезу топологической структуры телекоммуникационной сети // Сборник ДУИКТ.– 2006, №3.
15. *Гайворонская Г.С.* Разработка алгоритма для создания имитационной модели эволюции телекоммуникационной сети // Вісник УБЕНТЗ.– 2005, № 2.

16. Гайворонская Г.С. Алгоритмическое решение оптимизации развития телекоммуникационной сети // Вестник УНИИС.– 2006. С. 7-12
17. Гайворонская Г.С. Имитационное моделирование как инструмент оптимизации процесса сетевого планирования // Тезисы доклада III семинара «Информационные системы и технологии», ОДАХ.– 2005, С.12-13.
18. Гайворонская Г.С. Разработка имитационной модели для оптимизации планирования телекоммуникационной сети // Труды УНИИРТ.– 2006. №4 С. 65-71
19. Габасов Р., Кириллова Ф.М. Методы линейного программирования. Ч.2. Транспортные задачи, Минск, Изд-во БГУ им. В.И. Ленина, 1977.- 240 с.

Поступила 05.09.2006

УДК 681.3.006(075)

Коженевский С.Р., Чеховский С.А.

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ УТРАЧЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Проблема восстановления утерянных данных существует столько же, сколько существуют компьютеры. В последнее время эта проблема стала еще более актуальной. В первую очередь, это связано с очень низкой надежностью современных жестких дисков.

В то же время, Интернет изобилует советами – как самостоятельно восстановить информацию. Эти советы, чаще всего, правильно описывают основные приемы восстановления информации, но большинство из них применимы лишь в случаях программных сбоев и всегда требуют достаточно высокой квалификации пользователя.

Неосторожные действия могут приводить, а зачастую и приводят, к дальнейшему разрушению информации. Например, если в результате столкновения с диском повреждена считывающая головка накопителя, то при дальнейших попытках чтения диска или самостоятельного восстановления информации, она начинает царапать поверхность диска, разрушая рабочий слой, на котором хранится информация. Возможность последующего восстановления подобных данных резко падает, а стоимость таких работ, соответственно, возрастает.

Если винчестер вышел из строя, ни в коем случае нельзя разбирать его самостоятельно. Сделав это, вы автоматически лишитесь гарантии.

Но самое главное, что в результате такого вмешательства буквально за несколько часов попавшая внутрь пыль, как наждак, сотрет тонкий рабочий слой. Разумеется, о возможности восстановления данных в этом случае речь уже не идет.

Вскрытие герметичной камеры жестких дисков производится только в, так называемых, «чистых» комнатах – специально оборудованных помещениях, где воздух проходит несколько степеней очистки. Например, центр восстановления информации компании ЕПОС имеет в своем расположении «чистую» комнату класса 100. Класс чистоты 100 означает, что в одном кубическом футе воздуха находится не более 100 пылинок размерами 0,5 микрона.

Компания ЕПОС профессионально занимается восстановлением информации с 1994 г. В 2003 г. Был открыт специализированный Центр восстановления информации, получивший статус эксклюзивного бизнес- партнера Ontrakt Data Recovery в Украине.

Американская компания Ontrakt Data Recovery была основана в 1985 г. и широко известна во всем мире своими продуктами для обслуживания дисков и восстановления информации- Disk Manager, Easy Recovery и др. В настоящее время в компании работают более 500 специалистов. Ontrakt Data Recovery имеет представительства и лаборатории в 9