

УДК 681.3

**ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ  
СЕТИ СВЯЗИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

*Ю.А Кулик, канд. техн.наук, А.А Рева, канд. техн.наук, М.А. Момот  
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ»*

Разработана информационная модель структуры сети связи и передачи данных (ССПД), в которой на специально определенном логическом уровне каждый из выделенных элементов сети описывается с помощью разработанного описания, которое базируется на классификаторах с параметрами. Предложен метод автоматического формирования набора таблиц БД на основании дерева описания элемента сети.

\* \* \*

Розроблено інформаційну модель структури мережі зв'язку та передачі даних, у якій на спеціально визначеному логічному рівні кожний з виділених елементів мережі описується за допомогою розробленого опису, що базується на класифікаторах з параметрами. Запропоновано метод автоматичного формування набору таблиць БД на основі дерева опису елемента мережі.

\* \* \*

The telecommunication network structure information model is developed, in which at the specially defined logic level each of the detailed network elements is described by the developed description, which based on classifiers with parameters. The database tables set automatic forming method based on a network element description tree is offered.

Современное общество производит и потребляет огромные объемы информации разных видов, для доставки которой используются различные сети (телеграфные, телефонные, сети передачи данных, сети ЭВМ). Для Украины создание современных телекоммуникационных сетей представляет собой одну из важных государственных задач.

Проблемы анализа, проектирования, оптимизации и управления в сетях связи и передачи данных (ССПД) являются стратегическими и постоянно актуальными. Этим проблемам посвящено значительное количество работ отечественных и зарубежных авторов, из которых можно выделить таких, как Л. Клейнрок, Г.П. Захаров, Г.Ф. Янбых, В.Г. Лазарев, И. Фриш, М. Щварц, Л.А. Шарейко [1], Е.Ю. Зайченко [2], Ю.Е. Малашенко [3]. Синтез и оптимизация СПД настолько сложны, что формулировка задачи и ее решение в общем виде невозможны. Процесс оптимизации состоит из последовательного решения иерархической совокупности частных задач анализа и синтеза и представляется итерационным.

Оперативно-техническое управление сетями электросвязи требует наличия полной информации о

сети. Полноту данных и приемлемую скорость доступа к нужной информации может обеспечить только система управления базой данных (СУБД) сети.

Для разделения процессов хранения и визуализации данных по сети от процессов анализа, синтеза и оптимизации СПД необходимо разработать информационную модель структуры СПД.

Целью данной статьи является представление основных аспектов информационной модели структуры СПД.

Под информационной моделью чаще всего понимают модель хранилища данных о некотором объекте. Построение информационной модели реальных СПД требует учета специфических особенностей телекоммуникационных технологий, на базе которых эти сети функционируют, и особенностей методов анализа, проектирования и оптимизации СПД с учетом необходимых исходных данных и получаемых результатов. В качестве указанных особенностей можно выделить:

1) возможность вложенности графового представления, т.е. применение мультиграфов для описания структуры СПД;

2) классификация объектов сети.

В [4] описана информационная модель ССПД как объекта управления. Данная модель является недостаточно универсальной, она ориентирована на создание системы визуализации мониторинга в ССПД, функционирующей по протоколу X.25 и состоящей из разнородного (по типам и производителям) сетевого оборудования. Хотя уже в этой модели сделано разделение объектов на классы, выделение атрибутов, не зависящих от класса, и специальных признаков, определяющих технические характеристики объекта и особенности его поведения в сети.

В данной статье под информационной моделью понимается модель, позволяющая, во-первых, описать все аспекты объекта, его функционирования, необходимые для решения поставленной задачи (логический уровень); а во-вторых, обеспечивающая хранение информации об объекте.

Для каждого выделенного структурного элемента ССПД в информационной модели необходимо обеспечить классификацию по произвольному числу классификаторов, причем обеспечить параметричность классификации [5], т.е. учесть свойства классифицируемых объектов.

В [6] описана информационная модель сети как объекта проектирования в САПР. В этой модели присутствует классификация элементов. К недостаткам можно отнести то, что модель больше ориентирована на строго математическое описание сети – нет ориентации на специфику хранения больших объемов информации по реальным ССПД. Параметры, необходимые системе для предопределенных взаимоотношений структурных элементов ССПД, не описываются по тем же правилам, что и параметры, необходимые для частной задачи анализа и/или синтеза ССПД, а определяются как параметры всей сети. Данные хранятся в текстовых файлах, что громоздко, ненадежно и неприемлемо для высокой скорости обработки. Кроме того, информационная модель вообще не имеет такого элемента сети, как оборудование.

**Постановка задачи.** Необходимо разработать информационную модель структуры ССПД, которая должна поддерживать возможность классификации объектов ССПД по нескольким классификаторам, возможность описания как параметров, характерных для всех объектов, так и параметров, характерных только для всех или конкретного элемента сети, принимающего определенное значение классификационного параметра. Информационная модель структуры ССПД должна быть ориентирована на хранение данных в БД.

Способ древовидного описания элементов структуры ССПД был предложен в статье [7]. В настоящей статье в информационной модели структуры ССПД введено разделение на два уровня, а также описан разработанный метод формирования таблиц БД на основании дерева описания элемента ССПД.

В результате системного анализа различных задач, стоящих перед предприятиями электросвязи, частных задач синтеза и анализа ССПД, а также методов их решения, выделен ряд особенностей в описании сети и ее объектов. Проведена декомпозиция ССПД на взаимосвязанные элементы:

1. Оборудование – то оборудование, которое используется в сети; оно может быть окончательным по отношению к ЛТ, к которому это оборудование подключено, либо осуществляющим передачу информации дальше по сети. Если в сети существуют уровни цифровой иерархии, то аппаратура может иметь характеристику – уровень иерархии линии связи, к которой подключен некоторый вход/выход.

2. Узел – узел сети, в котором установлена аппаратура уплотнения, разделения каналов, усиления и др. и к которому подведены линии связи сети.

3. Линия передачи (ЛП) – физическая среда распространения сигналов электросвязи, которая может характеризоваться трассой прокладки по земле.

4. Линейный тракт (ЛТ) — часть ЛП, которая в общем случае может ответвляться от ЛП и прохо-

дять по другим ЛП (например, жила многожильного кабеля может ответвляться от линии передачи).

5. Канал передачи (КП) – скоммутированный из ЛТ или других каналов (более высоких уровней уплотнения) путь между источником информации и ее потребителем.

6. Направление связи (НС) – означает либо выделенные КП под информационные нужды абонента (в этом случае НС характеризуется каналами), либо требование на передачу информации между определяющими узлами.

7. Сеть в целом – параметры, характеризующие сеть как единое целое.

Информационная модель структуры ССПД может быть представлена в виде

$$I = \{E, N, L, T, C, R, S\},$$

где каждая составляющая – модель некоторого элемента сети:

- E – модель оборудования,
- N – модель узлов связи,
- L – модель линий передачи,
- T – модель линейных трактов,
- C – модель каналов передачи,
- R – модель направлений связи (требований),
- S – модель сети в целом.

Элементы сети характеризуются сложными взаимосвязями (например, узлы определяют ЛП, ЛТ, КП, НС; ЛП содержат ЛТ; КП проходят по ЛТ и другим каналам, НС может характеризоваться каналом и т.д.).

Взаимосвязи элементов сети показаны на рис. 1.

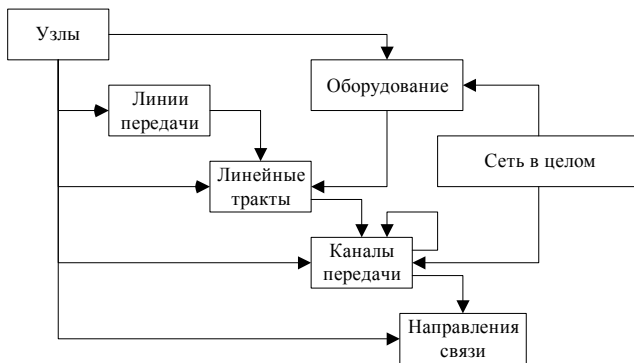


Рис. 1. Взаимодействие элементов сети

Для описания каждого элемента сети разработана обобщенная логическая структура описания элемента сети (ОЛСОЭС) – (рис. 2).

Компоненты описания:

СП – системный параметр;

ГПЭ – глобальный параметр элемента;

ГПК – глобальный параметр классификатора;

ЛПЭ – локальный параметр элемента;

ЛПК – локальный параметр классификатора;

КПЭ – классификационный параметр элемента (классификатор);

З – значение классификатора.

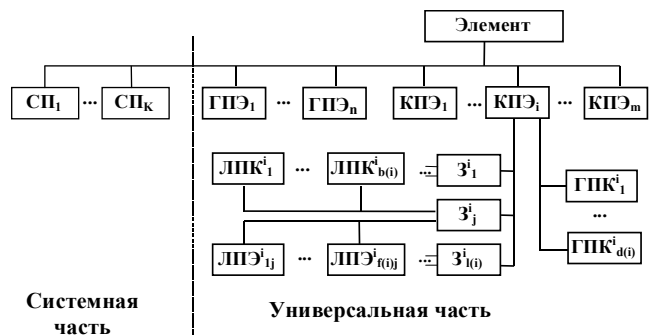


Рис. 2. Обобщенная логическая структура описания элемента сети

Системные параметры используются для описания системной информации и реализации predetermined взаимосвязей элементов сети (см. рис. 1). Количество и набор системных параметров определяется типом элемента (т.е. для узлов сети – это свои системные параметры, например координаты, для ЛС – свой набор и т.д.).

Универсальная часть описания содержит те параметры, которые определяет пользователь для характеристики данного элемента сети. Для каждого элемента сети пользователь сам формирует параметры универсальной части описания данного элемента:

КПЭ – указывает на то, что каждый экземпляр элемента сети данного типа может принимать одно из нескольких значений. Все КПЭ некоторого элемента образуют множество  $P_{КПЭ}$ .

З – значение классификатора, которое может принимать каждый экземпляр элемента сети. Все значения i-го КПЭ образуют  $P_{zi}$ .

ГПЭ – характеризует все экземпляры элемента сети данного типа. Все ГПЭ некоторого элемента образуют множество  $\mathbf{P}_{ГПЭ}$ .

ЛПЭ – характеризует экземпляры элемента сети данного типа, которые принимают одно из значений классификатора. Как состав, так и содержимое ЛПЭ, характеризующих некоторый экземпляр элемента сети, зависят от конкретного значения данного классификатора.  $\mathbf{P}_{ЛПЭ ij}$  – множество, образованное всеми ЛПЭ, характерными для j-го значения i-го КПЭ.

ГПК – характеризует все экземпляры элемента сети данного типа, которые принимают одно из значений классификатора. Состав и содержимое ГПК, характеризующих некоторый экземпляр элемента сети, не зависят от конкретного значения данного классификатора.  $\mathbf{P}_{ГПК i}$  – множество, образованное всеми ГПК, характерными для i-го КПЭ.

ЛПК – характеризует те экземпляры элемента сети данного типа, которые принимают конкретное значение данного классификатора. Состав ЛПК, характеризующих некоторый экземпляр элемента сети, не зависит от конкретного значения данного классификатора. От конкретного значения данного классификатора зависит содержимое ЛПК.  $\mathbf{P}_{ЛПК ij}$  – множество, образованное всеми ЛПК, характерными для j-го значения i-го КПЭ.

Инфологическая модель ОЛСОЭС. Параметры ОЛСОЭС выступают в роли атрибутов, наборы атрибутов образуют сущности инфологической модели, причем часть СП, все ГПЭ и КПЭ образуют одну сущность, а ГПК, ЛПК и ЛПЭ образуют наборы сущностей. Часть СП, которые являются множественными свойствами (т.е. совокупность образует значение) в модели некоторого элемента ССПД, образуют специальные системные сущности.

Для каждого классификатора  $K_i$  существуют одна сущность – ГПК<sup>i</sup> (с атрибутами – параметрами ГПК<sup>i</sup>,  $i \in [1, m]$ ,  $j \in [1, l_i]$ ) и столько множеств данных ЛПК<sup>i</sup> ( $i \in [1, m]$ ,  $j \in [1, l_i]$ ), сколько значений имеет классификатор КПЭ<sub>i</sub>.

Данные в доменах ГПК<sup>i</sup>, ЛПК<sup>i</sup> ( $j \in [1, l_i]$ ) характеризуют сам классификатор КПЭ<sub>i</sub> (ГПК – в общем, а ЛПК<sub>j</sub> – j-е значение) и никак не связаны с единицами множества основных данных.

Данные же в доменах ЛПЭ<sup>i</sup> ( $j \in [1, b_{li}]$ ), напротив, характеризуют не только значение  $Z_j^i$  классификатора КПЭ<sub>i</sub>, но и единицу множества основных данных, в которой домен – классификатор КПЭ<sub>i</sub> принял значение  $Z_j^i$ .

Для каждого домена – классификатора КПЭ<sub>i</sub> в каждой единице множества основных данных, кроме значения  $Z_j^i$ , хранится информация о том, какая именно единица данных из ЛПЭ<sup>i</sup> ему соответствует. Это изображено на рис. 3 серыми стрелками.

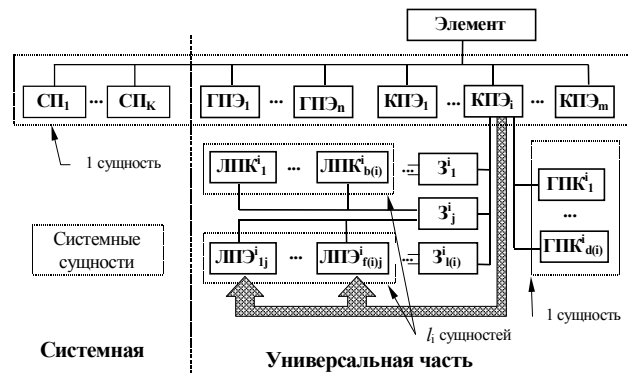


Рис. 3. Инфологическая модель ОЛСОЭС

Метод формирования таблиц БД на основании дерева описания ССПД. Метод формирования логической и физической структуры БД на основании дерева описания элемента ССПД – ОЛСОЭС – базируется на методе обхода вершин дерева в глубину (работа метода показана на рис. 4):

1. Последовательный анализ всех вершин:
  - 1.1. Выбор вершины  $v$  на уровне 1.
  - 1.2. Если  $v \in \mathbf{P}_{ГПЭ}$ , то  $\mathbf{GPEK} = \mathbf{GPEK} \cup (F_k, t_k)$ , где  $k = |\mathbf{GPEK}|_F$ ,  $|\mathbf{GPEK}|_F$  – мощность множества  $\mathbf{GPEK}$  по элементам  $F$ ,  $t_k$  – тип поля  $F_k$ .
  - 1.3. Если  $v \in \mathbf{P}_{СП}$ , то в зависимости от специфики элемента сети и самого системного параметра он может храниться либо вместе с параметрами пользователя в одной таблице:  $\mathbf{GPEK} = \mathbf{GPEK} \cup (F_k, t_k)$ , либо в специальных системных таблицах  $\mathbf{ST}_i$ .

1.4. Если  $v \in P_{КПЭ}$ , то  $GPEK = GPEK \cup (F_{i,t_i}) \cup (L_i, t_{L_i})$ , где  $i = |GPEK|_F$ ;  $t_i = t^K$  тип поля для хранения значения  $З$ ,  $L_i$  - поле типа  $t_{L_i}$  для обеспечения связи с таблицами ЛПЭ. Анализ вершин на уровне 2:

1.4.1. Выбор вершины  $v$  на уровне 2, связанной с  $i$ -м КПЭ.

1.4.2. Если  $v \in P_{ГПК_i}$ , то  $GPK_i = GPK_i \cup (F_k, t_k)$ .

1.4.3. Если  $v \in P_{З_i}$ , то проводится анализ вершин на уровне 3:

1.4.3.1. Выбор вершины  $v$  на уровне 3, связанной с  $j$ -м значением  $i$ -го КПЭ.

1.4.3.2. Если  $v \in P_{ЛПК_{ij}}$ , то  $LPK_{ij} = LPK_{ij} \cup (F_k, t_k)$ , где  $k = |LPK_{ij}|_F$ ;  $t_k$  - тип поля  $F_k$ .

1.4.3.3. Если  $v \in P_{ЛПЭ_{ij}}$ , то  $LPE_{ij} = LPE_{ij} \cup (F_k, t_k)$ , где  $k = |LPE_{ij}|_F$ ;  $t_k$  - тип поля  $F_k$ .

1.4.3.4. Если есть вершины, связанные с текущим  $j$ -м значением  $i$ -го КПЭ, то переход на п.1.4.3.1.

1.4.4. Если есть вершины, связанные с  $i$ -м КПЭ, то переход на п.1.4.1.

1.5. Если есть вершины на первом уровне, то переход на п.1.1.

2. Формирование физической модели БД: для каждого множества  $W$  из множеств  $GPEK$ ,  $GPK_i$  ( $i=1,m$ ),  $LPK_{ij}$  ( $i=1,m; j=1,l(i)$ ),  $LPE_{ij}$  ( $i=1,m; j=1,l(i)$ ),  $ST_i$  ( $i=1,m^{ST}$ ) формируются таблицы БД:

2.1. Если  $W \neq \emptyset$ , то создать таблицу  $Tbl_W$  с именем, совпадающим с именем множества, иначе переход на п.2 - выбор следующего множества.

2.2. Формирование полей таблицы  $Tbl_W$  на основе элементов множества  $W$ :  $\forall (F_k, t_k) \in W$  ( $k=1,|W|$ ).

Примечания:

$t^K$ - специальный тип поля для хранения значения классификатора (принят целый тип);

$t_L$ - специальный тип поля для реализации связи 1:1 между таблицей ГПЭиК и таблицами ЛПЭ, точнее, в каждый момент времени только с одной таблицей из всех таблиц ЛПЭ, относящихся к данному значению данного классификатора (принят целый тип).

Физический тип для поля может незначительно варьироваться в зависимости от СУБД, в которой реализуется БД, но принципиально классы типов

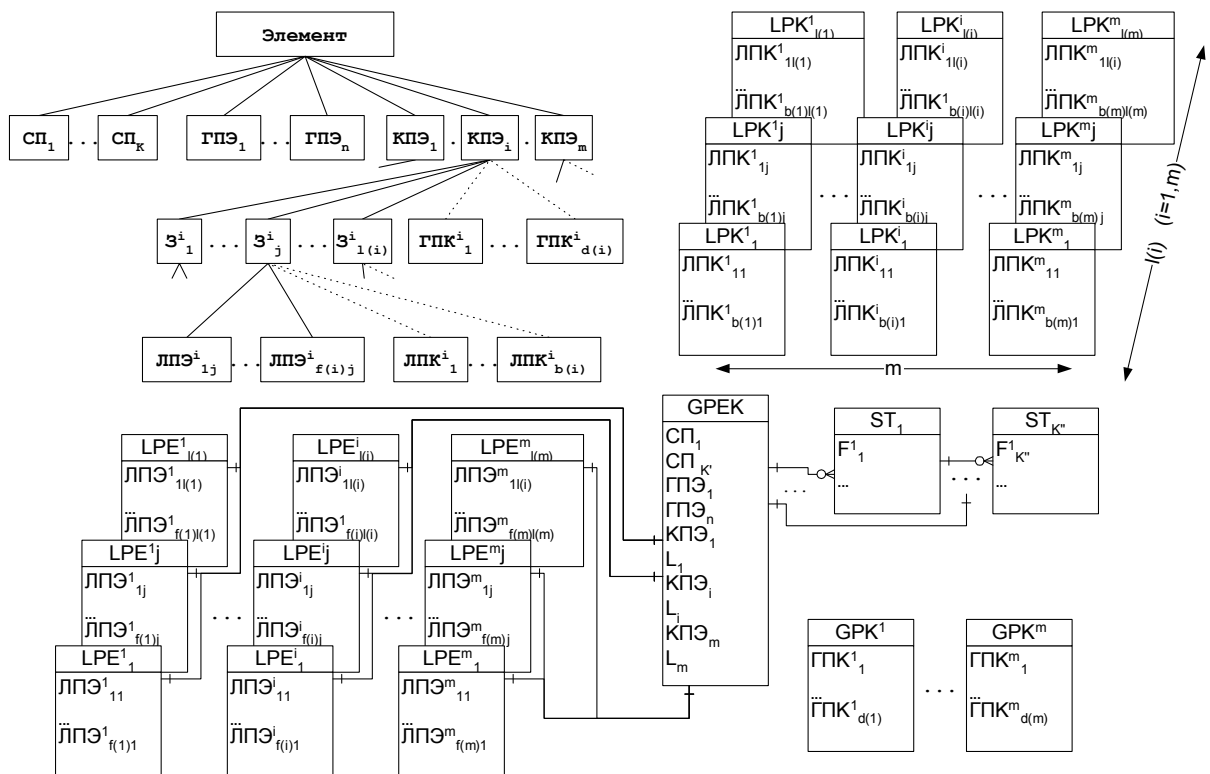


Рис 4. Таблицы БД, формируемые на основании дерева ОЛСОЭС

параметров, которые приняты в ОЛСОЭС (целые, вещественные, строки и т.д.), поддерживаются всеми современными СУБД.

### Заключение

Разработана информационная модель структуры ССПД, в которой предложено выделить два уровня: логический (для описания типа сети) и физический (для обеспечения хранения данных по сети). В структуре сети выделены взаимосвязанные элементы сети, каждый из которых на логическом уровне описывается с помощью ОЛСОЭС – специально разработанного описания, базирующегося на одноуровневых классификаторах с параметрами. Разработанная информационная модель позволяет также учесть мультиграфовое представление ССПД.

Предложена концептуальная модель БД и разработан метод преобразования структуры описания элемента сети в набор таблиц БД, который позволяет проектировщику определять тип сети на языке описания моделей, набор таблиц БД для хранения данных по сети генерируется автоматически.

Практическая значимость заключается в возможности разработки БД схем ССПД различного типа [8,9]. На основе информационной модели и описанном методе формирования таблиц БД создана гибкая графическая система поддержки БД схем ССПД, которая используется в службе оперативно-технического управления сетями электросвязи, а также в качестве подсистемы ведения БД системы, реализующей всевозможные расчетные задачи в сетях передачи данных.

### Литература

1. Шарейко Л.А. Комплексный анализ сетей передачи данных. - Винница: Універсум-Вінниця, 1998. - 183 с.
2. Зайченко Е.Ю. Анализ и синтез структуры глобальных вычислительных сетей. - К.: ЗАО "Укрспецмонтажпроект", 1998. - 107 с.

3. Малашенко Ю.Е. Математические модели анализа потоковых сетевых систем. - М.: ВЦ РАН, 1993. - 169 с.

4. Песляк П. М., Щербакова Н. Г. Информационная модель сети передачи данных и ее реализация // Автометрия. - 1994. - № 2 - С. 99 - 105.

5. Соловьева Е.А. Естественная классификация: системологические основания. - Х.: ХТУРЭ, 1999. - 222 с.

6. Смилович Л.С., Кулик Ю.А., Рева А.А., Момот М.А. Информационная модель сетей связи и передачи данных как основа автоматизации их проектирования // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: Сб. науч. тр. - 1999. - Вып №4. -Х.: Харьк. авиац. ин-т.- С.82-88.

7. Момот М.О., Кулик Ю.О. Інформаційна модель мережі електрозв'язку // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: Сб. науч. тр. - 1998. - Вып №1. -Х.: Харьк. авиац. ин-т.- С.132-137.

8. Момот М.А. Применение методики проектирования БД схем сети электросвязи // Вісник Харківського університету № 506. Серія: "Актуальні проблеми сучасної науки в дослідженнях молодих вчених м. Харкова". Ч. 2. - Х.: Харк. нац. ун-т ім. В.Н. Каразіна, 2001. -С. 79-82.

9. Момот М.А., Кулик Ю.А., Рева А.А., Татарчук С.И. Проектирование БД схем сети электросвязи на основе ее информационной модели // Сборник докладов 5-й междунар. научно-техн. конф. "Достижения в телекоммуникациях за 10 лет независимости Украины" (ТЕЛЕКОМ-2001). Ч. 1. - О.: Одесск. нац. академия связи им. А.С. Попова, 2001. - С. 81- 83.

*Поступила в редакцию 10.04.03*

**Рецензенты:** д-р техн. наук, профессор Жихарев В.Я., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", г. Харьков; д-р техн. наук, профессор Поповский В.В., Харьковский национальный университет радиоэлектроники, г. Харьков.