

Г.Ф. Масич

Сети передачи данных

The logo for GIGA Ural features a stylized white 'X' shape composed of horizontal lines, positioned above the text 'GIGA Ural' in a white, sans-serif font.

GIGA Ural

УДК 004.7
М31

Рецензенты:

канд. техн. наук *И.А. Хохлов*
(Институт математики и механики УрО РАН,
г. Екатеринбург);
д-р экон. наук, профессор *Р.А. Файзрахманов*
(Пермский национальный исследовательский
политехнический университет)

Масич, Г.Ф.

М31 Сети передачи данных : учеб.-метод. пособие / Г.Ф. Масич. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 192 с.

ISBN 978-5-398-01194-4

Приведены теоретические сведения об Ethernet- и IP-технологиях: принципах построения виртуальных локальных сетей (VLAN), протоколе построения связующего дерева (STP), классовой и бесклассовой моделях IP-адресации, протоколах маршрутизации RIP и BGP-4. Значительный объем практических занятий посвящен конфигурированию оборудования Cisco для создания требуемых свойств сети передачи данных.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника», аспирантов, специалистов информационных технологий.

УДК 004.7

ISBN 978-5-398-01194-4

© ПНИПУ, 2014

4. ПРОТОКОЛЫ МАРШРУТИЗАЦИИ RIP И BGP-4

4.1. Краткие теоретические сведения

Маршрутизация (Routing) – это процесс перемещения пакета от источника к приемнику через сеть передачи данных.

Маршрутизатор (Router) – это устройство, передающее пакет в нужном направлении (через нужный интерфейс). В терминологии IETF маршрутизатор называют также шлюз (Gateway). По тексту пособия маршрутизатор называется роутером.

Маршрутизируемый протокол (Routed Protocol) существует в каждом роутере для передачи пакета в нужном направлении.

Нужное направление передачи роутер определяет на основании таблицы маршрутизации. *Таблицы маршрутизации (Forwarding Tables)* формируются протоколами маршрутизации

Протокол маршрутизации (Routing Protocol) – это распределенный протокол, работающий координированно с другими роутерами с целью изучения и формирования глобального представления сети непротиворечивым и законченным способом. Протоколы маршрутизации работают по алгоритмам маршрутизации

Обобщенная таксономия алгоритмов маршрутизации: одношаговые и многошаговые, статические и динамические, классовые и бесклассовые, дистанционно-векторные и состояния связей, внутренние и внешние.

4.1.1. Статическая маршрутизация

Статическая маршрутизация – вид маршрутизации, при котором маршруты указываются в явном виде при конфигурации роутера. Вся маршрутизация при этом происходит без участия каких-либо протоколов маршрутизации.

4.1.3. Протокол маршрутизации BGP-4

BGP-4 – дистанционно-векторный, внешний протокол маршрутизации. Главная цель BGP – реализация политик маршрутизации между автономными системами AS. Протокол BGP включает в себя защиту от «зацикливания». AS – это набор роутеров, которые работают под управлением одного администратора или одной группы администраторов и используют общую стратегию маршрутизации. BGP используется в сетях между ISP (Internet Service Providers). Местный трафик либо начинается, либо завершается в автономной системе (AS); в противном случае – это транзитный трафик. Системы без транзитного трафика не нуждаются в BGP (им достаточно EGP для общения с транзитными узлами).

Роутеры, которые принадлежат одной и той же AS и обмениваются BGP-обновлениями маршрутизации, работают по Internal BGP (iBGP). Роутеры, которые принадлежат разным AS, тоже обмениваются BGP-обновлениями маршрутизации, но работают по External BGP (eBGP).

Перед тем как обмениваться информацией о маршрутах с внешними AS, BGP должен гарантировать, что сети внутри его AS достижимы. Это обеспечивается комбинацией обмена информацией о маршрутах по iBGP между роутерами внутри AS и передачи информации о маршрутах BGP в один из Interior Gateway Protocols (IGPs), которые работают внутри AS (например, Interior Gateway Routing Protocol IGRP, Intermediate System-to-Intermediate

System IS-IS, Routing Information Protocol RIP и Open Shortest Path First OSPF).

BGP использует TCP в качестве транспортного протокола (порт 179). Любые два роутера в BGP, между которыми открыто TCP-соединение для обмена информацией о маршрутизации, называются Peers или Neighbors. На приведенном ниже рис. 4.3 роутеры A и B являются BGP Peers, равно как и роутеры B и C, C и D. Роутеры A и B обмениваются информацией о маршрутизации по eBGP, а роутеры B и C – по iBGP. Заметим, что eBGP Peers соединены непосредственно, а iBGP – нет, но поскольку между ними работает IGP, он позволяет им достигать друг друга и обмениваться информацией.

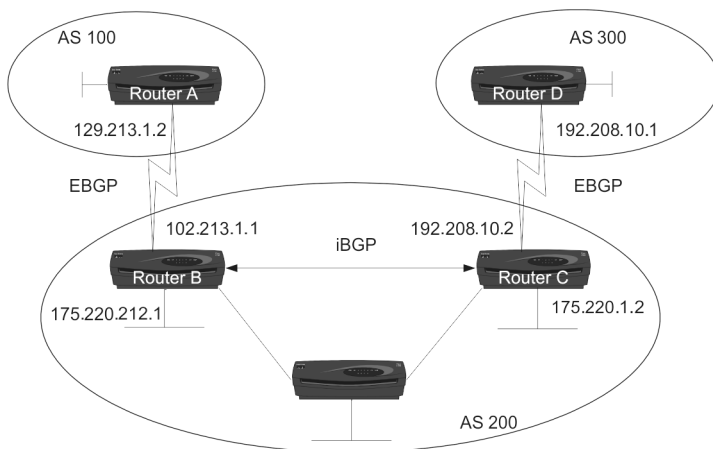


Рис. 4.3. Пример топологии BGP

BGP Peers инициируют обмен полными таблицами BGP-маршрутизации между собой. Позже они посылают лишь инкрементальные обновления маршрутизации. Кроме того, BGP Peers обмениваются Keepalive-сообщениями (чтобы удостовериться, что связь между ними не потеряна) и Notification-сообщениями (уведомления, сообщения об ошибках и другая служебная информация).

Формат BGP-сообщений:

1. Каждое BGP-сообщение имеет заголовок фиксированного размера. Формат заголовка представлен на рис. 4.4.

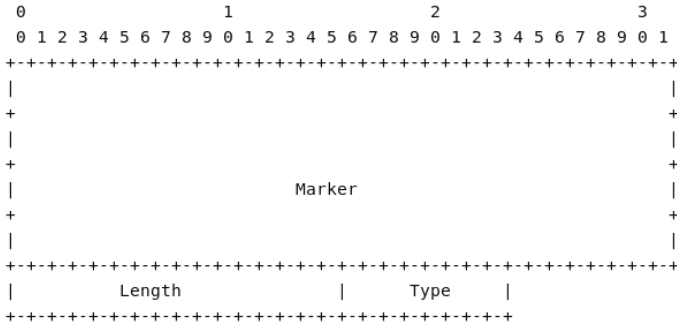


Рис. 4.4. Формат заголовка BGP-сообщения

Поле «Маркер» (Marker) содержит 16 байтов, и его содержимое может легко интерпретироваться получателем. Если тип сообщения открыть (OPEN) или если код идентификации в сообщении OPEN равен нулю, то поле Marker должно быть заполнено единицами. Marker может использоваться для обнаружения потери синхронизации в работе BGP-партнеров. Поле «Длина» (Length) имеет два байта и определяет общую длину сообщения в байтах, включая заголовок. Значение этого поля должно лежать в пределах 19–4096. Поле «Тип» (Type) представляет собой код разновидности сообщения и может принимать следующие значения:

- 1) OPEN (Открыть);
- 2) UPDATE (Изменить);
- 3) NOTIFICATION (Внимание);
- 4) KEEPALIVE (Еще жив).

BGP отличается от RIP и OSPF тем, что использует TCP в качестве транспортного протокола. Две системы, использующие BGP, связываются друг с другом и пересылают посредством протокола TCP полные таблицы маршрутизации.

2. После того как связь на транспортном протокольном уровне установлена, первое сообщение, которое должно быть послано, это

OPEN. При успешном прохождении этого сообщения партнер должен откликнуться сообщением KEEPALIVE. После этого возможны любые сообщения. Формат сообщения OPEN представлен на рис. 4.5.

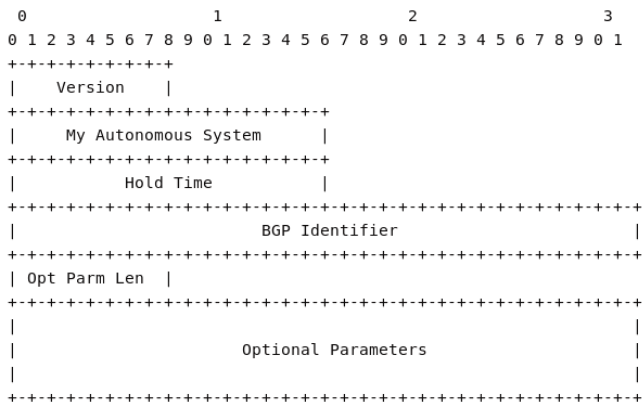


Рис. 4.5. Формат сообщения OPEN

Поле «Версия» (Version) описывает код версии используемого протокола, на сегодня для BGP он равен 4. Двухбайтное поле «Моя автономная система» (My Autonomous System) определяет код AS отправителя. Поле «Время сохранения» (Hold Time) характеризует время в секундах, которое отправитель предлагает занести в таймер сохранения (Hold Timer). После получения сообщения OPEN BGP-роутер должен выбрать значение времени сохранения (Hold Time). Обычно выбирается меньшее из полученного в сообщении OPEN и значения, определенного при конфигурации системы (0–3 с). Время сохранения определяет максимальное время в секундах между сообщениями KEEPALIVE и двумя UPDATE-сообщениями. Каждому узлу в рамках BGP присваивается четырехбайтный BGP-идентификатор (BGP-Identifier, задается при инсталляции и идентичен для всех интерфейсов BGP-роутера). Если два узла установили два канала связи друг с другом, то согласно правилам должен быть сохранен канал, начинающийся

в узле, BGP-идентификатор которого больше. Байт поля опциональных параметров (Opt Parm Len) указывает общую длину поля Optional Parameters. Если значение этого поля равно нулю, то поле Optional Parameters пустое. Поле Optional Parameters может содержать список необязательных параметров (таких, как параметры аутентификации), где каждый параметр состоит из трех частей: <Parameter Type, Parameter Length, Parameter Value>.

3. Сообщения типа UPDATE (Изменения) используются для передачи маршрутной информации между BGP-партнерами. Этот тип сообщения позволяет сообщить об одном новом маршруте или объявить о закрытии группы маршрутов, причем объявление об открытии нового и закрытии старых маршрутов возможно в пределах одного сообщения. Формат сообщения UPDATE представлен на рис. 4.6.

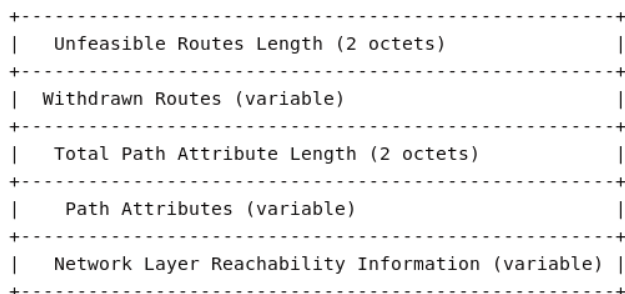


Рис. 4.6. Формат сообщения UPDATE

Сообщение UPDATE всегда содержит стандартный заголовок и может содержать другие поля. Если поле «Длина списка отмененных маршрутов» (Unfeasible Routes Length) равно нулю, т.е. ни один маршрут не отменен, то поле «Отмененные маршруты» (Withdrawn Routes) в сообщении отсутствует. Поле «Отмененные маршруты» имеет переменную длину и содержит список IP-адресных префиксов маршрутов, которые стали недоступны. Каждая такая запись имеет формат, показанный на рис. 4.7.

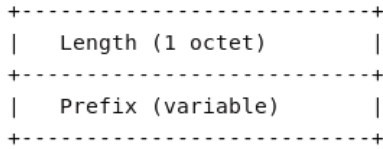


Рис. 4.7. Формат поля Withdrawn Routes

Здесь поле Length, равное нулю, означает, что префикс соответствует всем IP-адресам, а сам имеет нулевой размер. Поле Prefix содержит IP-адресные префиксы, за которыми следуют разряды, дополняющие их до полного числа байтов. Значения этих двоичных разрядов смысла не имеют. Двухбайтное поле полной длины списка атрибутов пути (Total Path Attribute Length) указывает на итоговую длину списка атрибутов пути (Path Attributes). Нулевое значение данного поля указывает на то, что информация о доступных сетях в UPDATE-сообщении отсутствует.

Поле «Список атрибутов пути» (Path Attributes) присутствует в любом UPDATE-сообщении. Это поле имеет переменную длину, а каждый атрибут содержит три составные части: <Attribute Type, Attribute Length, Attribute Value>. Тип атрибута (Attribute Type) представляет собой двухоктетное поле со структурой, показанной на рис. 4.8.

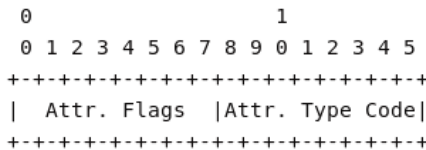


Рис. 4.8. Формат поля Attribute Type

Старший бит (бит 0) поля «Флаги атрибута» (Attr. Flags) определяет, является атрибут опционным (бит 0 = 1) или стандартным (бит 0 = 0). Бит 1 этого поля определяет, является атрибут переходным (бит 1 = 1) или непереходным (бит 1 = 0). Для обычных атрибутов этот бит должен быть равен 1. Третий бит (бит 2) поля

флагов атрибута определяет, является информация в опционном переходном атрибуте полной (бит 2 = 0) или частичной (бит 2 = 1). Для обычных и опционных непереходных атрибутов этот бит должен быть равен 0. Бит 3 поля флагов атрибута информирует о том, имеет ли атрибут длину один байт (бит 3 = 0) или два байта (бит 3 = 1). Бит 3 может быть равен 1 только в случае, когда длина атрибута более 255 байтов. Младшие четыре бита октета флагов атрибута не используются (и должны обнуляться). Если бит 3 = 0, то третий байт атрибута пути содержит длину поля данных атрибута в байтах. Если же бит 3 = 1, то третий и четвертый байты атрибута пути хранят длину поля данных атрибута. Остальные байты поля «Атрибут пути» характеризуют значение атрибута и интерпретируются согласно флагам атрибута.

Атрибуты пути бывают «стандартные обязательные» (Well-known Mandatory), «стандартные на усмотрение оператора» (Well-known Discretionary), «опционные переходные» (Optional Transitive) и «опционные непереходные» (Optional Non-transitive). Стандартные атрибуты должны распознаваться любыми BGP-приложениями. Опционные атрибуты могут не распознаваться некоторыми приложениями. Обработка нераспознанных атрибутов задается битом 1 поля флагов. Пути с нераспознанными переходными опционными атрибутами должны восприниматься как рабочие. Один и тот же атрибут может появляться в списке атрибутов пути только один раз.

4. Сообщение типа KEEPALIVE.BGP не использует никакой транспортный протокол для механизма Keepalive, чтобы определить достижимы ли Peers. Сообщения KEEPALIVE обмениваются между Peers с определенным интервалом сообщений KEEPALIVE, значение которого 1/3 от Hold Timer, но не чаще раза в секунду. Сообщение KEEPALIVE состоит из заголовка (Header) и имеет длину 19 байтов.

5. Сообщение NOTIFICATION. Формат сообщения представлен на рис. 4.9.

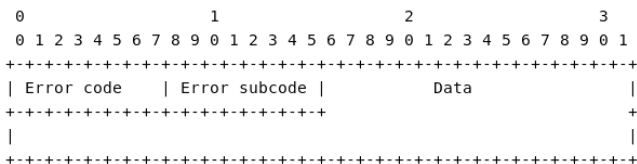


Рис. 4.9. Формат сообщения NOTIFICATION

Сообщение NOTIFICATION (Уведомление) отправляется, когда ошибки обнаружены, при этом соединение BGP закрывается сразу же после отправки. Однобайтное поле «Код ошибки» (Error Code) указывает на тип NOTIFICATION. Значения данного поля представлены ниже. Однобайтное поле «Подкод ошибки» (Error Subcode) обеспечивает более конкретную информацию о характере сообщения об ошибке. Значения данного поля представлены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Подкоды ошибок

| Ошибка | Субкод | Описание |
|------------------|--------|---------------------------------|
| Заголовок | 1 | Соединение не синхронизовано |
| | 2 | Неверная длина сообщения |
| | 3 | Неверный тип сообщения |
| Сообщение OPEN | 1 | Неверный код версии |
| | 2 | Ошибочный код AS-партнера |
| | 3 | Ошибочный идентификатор BGP |
| | 4 | Ошибка в коде идентификации |
| | 5 | Ошибка при идентификации |
| | 6 | Неприемлемое время сохранения |
| Сообщение UPDATE | 1 | Ошибка в списке атрибутов |
| | 2 | Не узнан стандартный атрибут |
| | 3 | Отсутствует стандартный атрибут |
| | 4 | Ошибка в флагах атрибута |
| | 5 | Ошибка в длине атрибута |
| | 6 | Неправильный атрибут Origin |
| | 7 | Циклический маршрут |
| | 8 | Ошибка в атрибуте NEXT_HOP |
| | 9 | Ошибка в опционном атрибуте |
| | 10 | Ошибка в сетевом поле |
| | 11 | Ошибка в AS_PATH |

Коды ошибок:

| Код ошибки | Описание |
|------------|----------------------------------|
| 1 | Ошибка в заголовке сообщения |
| 2 | Ошибка в сообщении Open |
| 3 | Ошибки в сообщении Update |
| 4 | Истекло время сохранения |
| 5 | Ошибка машины конечных состояний |
| 6 | Прерывание |

Атрибуты пути в BGP:

1. ORIGIN (код типа = 1) – стандартный обязательный атрибут, который определяет происхождение путевой информации. Генерируется автономной системой, которая является источником маршрутной информации. Атрибут в этом случае может принимать следующие значения:

– код атрибута = IGP, если информация достижимости сетевого уровня является внутренней по отношению к исходной автономной системе;

– код атрибута = EGP, если информация достижимости сетевого уровня получена с помощью внешнего протокола маршрутизации;

– код атрибута = Incomplete, если информация достижимости сетевого уровня получена каким-то иным способом.

2. AS_PATH (код типа = 2) также является стандартным обязательным атрибутом, который составлен из совокупности сегментов пути. Атрибут определяет автономные системы, через которые доставлена маршрутная информация. Когда BGP-роутер передает описание маршрута, которое он получил от своего BGP-партнера, он модифицирует AS_PATH-атрибут (добавляет номер своей AS в конец списка AS-маршрута), соответствующий этому маршруту, если информация передается за пределы автономной системы. Каждый сегмент AS_PATH состоит из трех частей <тип сегмента пути, длина сегмента пути и оценка сегмента пути>. Тип сегмента пути представляет, в свою очередь, однобайтное поле, которое может принимать следующие значения:

– код типа сегмента = AS_set: неупорядоченный набор маршрутов в UPDATE-сообщении;

– код типа сегмента = AS_sequence: упорядоченный набор маршрутов автономной системы в UPDATE-сообщении.

Длина сегмента пути представляет собой однобайтное поле, содержащее число автономных систем, записанных в поле «Оценка сегмента пути». Последнее поле хранит один или более кодов автономной системы, по два байта каждый.

3. NEXT_HOP (код типа = 3) – стандартный обязательный атрибут, определяющий IP-адрес пограничного роутера, который должен рассматриваться как цель следующего шага на пути к точке назначения.

4. MULTI_EXIT_DISC (MED) (код типа = 4) представляет собой опционный непереходной атрибут, который занимает четыре байта и является положительным целым числом. Величина этого атрибута может использоваться при выборе одного из нескольких путей к соседней автономной системе.

5. LOCAL_PREF (код типа = 5) является опционным атрибутом, занимающим четыре байта. Он используется BGP-роутером, чтобы сообщить своим BGP-партнерам внутри своей собственной автономной системы степень предпочтения объявленного маршрута.

6. ATOMIC_AGGREGATE (код типа = 6) представляет собой стандартный атрибут, который используется для информирования партнеров о выборе маршрута, обеспечивающего доступ к более широкому списку адресов.

7. AGGREGATOR (код типа = 7) – опционный переходной атрибут с длиной в шесть байтов. Атрибут содержит последний код автономной системы, который определяет агрегатный маршрут (занимает два байта), и IP-адрес BGP-роутера, который сформировал этот маршрут (четыре байта).

8. WEIGHT – это специальный атрибут, который используется только роутерами Cisco в процессе выбора наилучшего пути к какому-то роутеру или сети, если к нему ведет больше одного пути. Значение Weight Attribute является локальным для роутера,

на котором оно устанавливается. Это значение не передается в таблицах маршрутизации на другие роутеры.

9. COMMUNITY – опционный переходный атрибут, влияющий на принятие решения роутера о распространении полученного маршрута.

В Cisco используются следующие значения:

– No-Export – не передавать полученный маршрут к eBGP Peers. Распространять маршрут только в пределах AS;

– No-Advertise – не передавать полученный маршрут ни к Internal ни к External Peers;

– Internet – передавать полученный маршрут всем;

– Local-AS – использовать сценарии Confederation для предотвращения передачи маршрута вне локальной AS.

Алгоритм выбора наилучшего маршрута в BGP

BGP может получить различные обновления об одном маршруте от разных источников. BGP выбирает только один, самый лучший путь. Когда путь выбран, BGP помещает выбранный путь в свою таблицу маршрутизации и распространяет этот путь к своим «соседям». BGP использует следующие критерии, в указанном порядке, чтобы выбрать лучший путь:

1. Если у пути указан NEXT_HOP, который недоступен, то отбросить путь.

2. Выбирается путь с наибольшим атрибутом WEIGHT (только на устройствах Cisco).

3. Если вес одинаков, выбирается путь с наибольшим атрибутом Local Preference.

4. Если значения Local Preference одинаковы, то выбирается путь, который порожден локальным процессом BGP на данном роутере.

5. Если пути не порождены локальным BGP, то выбирается путь с кратчайшим атрибутом AS_PATH.

6. Если значения AS_PATH Length одинаковы, то выбирается путь с наименьшим атрибутом ORIGIN TYPE (где IGP меньше, чем EGP, а EGP меньше, чем Incomplete).

7. Если Origin Codes одинаковы, то выбирается путь с наименьшим атрибутом MED.

8. Если MED одинаковы, то путь External имеет предпочтение перед Internal.

9. Если оба пути External или Internal, то выбирается путь от ближайшего BGP соседа.

10. Выбирается путь с наименьшим IP-адресом (BGP Router ID). Administrative Distance для протокола BGP равно 20.

Вопросы для самопроверки

1. Виды классов сетей.
2. Какие данные указываются при статической маршрутизации?
3. Что означает метрика, IP Address, Subnet Mask в протоколе RIP?
4. Правило определения маски подсети в RIPv1.
5. Перечислите этапы алгоритма RIP.
6. Какие правила используются при борьбе с петлями?
7. Таймер Hold-Down.
8. Перечислите основные виды сообщений BGP-4.
9. Перечислите этапы алгоритма наилучшего маршрута в BGP-4.
10. Атрибут NEXT_HOP в BGP-4.
11. Атрибут AS_PATH в BGP-4.

Список литературы по главе 4

1. Хелеби С., Мак-Ферсон Д. Принципы маршрутизации в Internet: пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2001. – 448 с
2. Программа сетевой академии Cisco CCNA 1 и 2. Вспомогательное руководство: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2008. – 1168 с.
3. Протокол BGP4 [Электронный ресурс]: Текстовая документация / Opennet.ru. – 2011 – URL: www.opennet.ru/docs/RUS/bgp_rus.
4. Cross-Platform Release Notes for Cisco IOS Release 12.4, Part 4: Related Documentation [Электронный ресурс]: Текстовая документация / Cisco. – 2011. – URL: http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_4/release/notes/124DOCS.html#wp28696.

Учебное издание

МАСИЧ Григорий Федорович

СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Учебное пособие

Редактор и корректор *В.В. Мальцева*

Подписано в печать 5.03.2014. Формат 60×90/16.
Усл. печ. л. 12,0. Тираж 100 экз. Заказ № 32/2014.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.