

**Синскоп Микола Сергійович**, доктор технічних наук, професор, кафедра фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051  
E-mail: m.sinekop@hduht.edu.ua

**Торяник Дмитро Олександрович**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, кафедра фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051  
E-mail: datory@gmail.com

**Пак Андрій Олегович**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051  
E-mail: a.pak@hduht.edu.ua

УДК 621.372.542

DOI: 10.15587/2313-8416.2016.64798

## ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫЕ СЕТИ НА БАЗЕ ПРОТОКОЛА OPENFLOW И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

© Ю. Ю. Коляденко, Е. Э. Белоусова

*В статье был осуществлен обзор нового стандарта OpenFlow, освещены его главные характеристики, объяснены принципы функционирования, особенности архитектуры и отмечены преимущества объединенной эксплуатации протокола с программно-конфигурируемыми сетями. Были также отмечены главные достоинства использования в современных сетях с максимальной пропускной способностью бесперебойных и легких в эксплуатации коммутаторов протокола OpenFlow*

**Ключевые слова:** телекоммуникационная сеть, протокол OpenFlow, пропускная способность, загруженность каналов, коммутаторы OpenFlow

*The review of new OpenFlow standard was carried out in the article, its main descriptions were revealed, principles of functioning and features of architecture were explained and advantages of the incorporated exploitation of protocol with the program-configurable networks are marked. Main advantages of the use of trouble-free and easy in exploitation switchboards of OpenFlow protocol in modern networks with the maximal carrying capacity were also marked*

**Keywords:** telecommunications network, OpenFlow protocol, carrying capacity, work load of channels, OpenFlow switchboards

### 1. Введение

Современное состояние информационных технологий связи находится в непрерывном развитии, объясняющимся ужесточением запросов к качеству передачи и как следствие, к сетям их реализующим. С каждым днем число пользователей вырастает на несколько десятков, а то и сотен единиц. Это требует от операторов необходимости принимать скорые решения по масштабируемости и гибкости сети, чтобы она могла справляться с увеличенными нагрузками и предоставляла качественный сервис пользователям.

Таким образом, устаревшие сети уже не справляются с повышенными требованиями успешной эксплуатации и увеличенной нагрузкой. Также они не могут предоставить желаемую скорость передачи и необходимую пропускную способность канала. Кроме этого с каждым годом значительно возрастает в несколько раз количество разнообразных мобильных устройств, доступных для пользования широкими слоями населения, что приводит к тому, что

количество пользователей увеличивается в геометрической прогрессии.

Как следствие, вырастают объемы передаваемого по каналам трафика. При этом не следует забывать, что трафик бывает различных видов и сеть должна успевать справляться со всеми полученными пакетами, не допуская их потери, искажения или ошибочной передачи не тому пользователю. Поэтому компьютерные сети с каждым годом становятся все более сложными, что приводит к увеличению затрат на их построение и эксплуатацию. Выходом из такого положения может стать использование программно-конфигурируемых сетей (ПКС), в особенности технологии SDN.

SDN не нуждается в увеличении числа сетевых элементов или же закупок усовершенствованных коммутаторов. Эта технология предлагает реализацию сетей, в основе которых лежат программные платформы, которые легко администрировать и вносить коррективы в управление операторам. Таким образом, при посредничестве специально созданных программных приложений можно обеспечить опти-

мизацию транспортных потоков, эффективную обработку данных, безопасную их передачу по каналу без подверженности вредным действиям различных злоумышленников и вирусных программ, а также создавать различные удобные для пользования домены для потребителей. В этом большую роль играет и использование современного и постоянно развивающегося протокола OpenFlow, функционирующего совместно с технологией SDN.

## 2. Литературный обзор

Современный протокол OpenFlow, который был разработан не так давно, все еще находится в режиме тестирования и развития. В результате проведенной работы, были рассмотрены разнообразные публикации признанных авторов [1–10]. Был сделан вывод, что для разрабатываемого протокола OpenFlow необходима выработка системной информационной модели передачи данных, а также выбора их представления. При этом не был обнаружен алгоритм мониторинга и обработки данных, направленный на совместное функционирование программно-конфигурируемых сетей с коммутаторами OpenFlow. В связи с этим было проведено настоящее исследование, которое поможет в дальнейшем создать усовершенствованный алгоритм мониторинга состояния каналов с учетом всех необходимых для высококачественного управления параметров в сети SDN, функционирующих на базе сетевых устройств OpenFlow.

## 3. Особенности и принципы функционирования технологии OpenFlow

В основе ПКС лежит открытый в 2011 году стандарт OpenFlow, который с тех пор стремительно развивался и стал использоваться десятками самых крупных корпораций мира, например, Cisco, Oracle и Citrix. Сетевые технологии, применяющие OpenFlow, позволяют разработчикам реализовывать на практике совершенно новые методики обработки облаков и управления сетевыми нагрузками [1].

Особенность такой технологии в том, что для управления сетью могут быть использованы стандартные сервера, но осуществляющие свою деятельность отдельно от таких сетевых устройств, как маршрутизаторы или коммутаторы. Благодаря этому операторы могут с большим удобством и качеством производить контроль трафика, передаваемого по сети. Также следует заметить, что протокол OpenFlow разрешает разделение переадресации и маршрутизации данных, тогда как привычные маршрутизаторы выполняют эти две процедуры на одном устройстве. За управлением пересылкой данных в OpenFlow отвечает отдельный контроллер. Именно поэтому использование OpenFlow приветствуется в скоростных сетях последнего поколения, мобильных приложениях и сетях, требующих высокого уровня безопасности.

Для начала необходимо объяснить принцип функционирования маршрутиза-

ции в стандартных сетях, использующихся еще во многих предприятиях и корпорациях. Такие сети обычно состоят из следующих конструктивных элементов: сервер, компьютеры и несколько промежуточных устройств, соединенных кабелем. Принцип действия таких сетей предельно прост: пакет, поступив на порт, переправляется к маршрутизатору, где происходит его рассмотрение и отправка уже на следующий маршрутизатор, и так далее до момента получения конечным портом. При этом каждый из маршрутизаторов строит свои собственные таблицы маршрутизации, обмениваясь данными со своими соседями. Выполнение таких достаточно трудоемких процессов требует накопления большого количества информации и, следовательно, каждый маршрутизатор должен иметь достаточную мощность для реализации таких задач. При этом сетевое оборудование имеет не маленькую стоимость, что чревато значительными расходами при организации и обслуживании таких сетей. Не стоит забывать и про то, что в постоянно развивающихся корпорациях растет и сеть предприятия. Поэтому требуется постоянная модернизация, а то и замена конструктивных элементов сети, что можно было бы избежать при выборе ПКС [2].

Процесс маршрутизации в сетевом оборудовании ПКС значительно отличается от стандартной маршрутизации Ethernet, что можно увидеть на рисунке 1. Как видно из рисунка: в коммутаторах Ethernet передача данных и управление реализуются одновременно. В таком случае контроллер Ethernet не может принять решение о передаче пакета самостоятельно, поэтому требуется сложная конфигурация с прописанием набора правил обработки и приоритетов передачи информации. Такие процедуры предсказуемо приводят к потере производительности не только коммутатора, но и работы сети в целом. К тому же для реализации дополнительного функционала потребуются дополнительные сетевые элементы, к примеру, даже для реализации простой связи «каждый с каждым» понадобится присоединить к структуре сети маршрутизатор. Эта проблема решалась путем разработки технологии SDN, в которой уровень управления и передачи разделены, что позволяет удобно и быстро проводить администрирование сети.

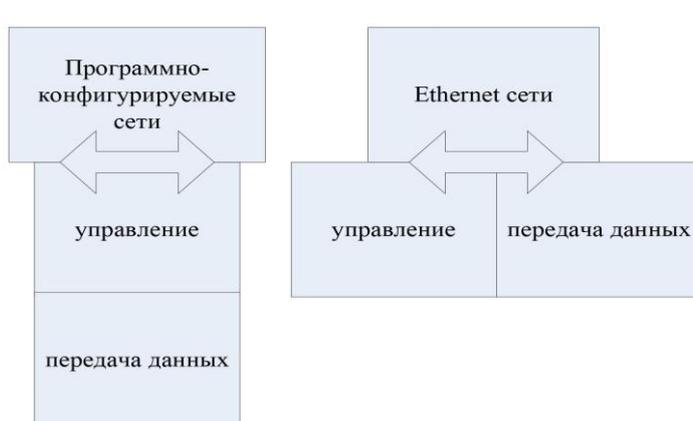


Рис. 1. Маршрутизация в сетях Ethernet и ПКС

В основе технологии SDN лежит набирающий популярность стандарт OpenFlow. Протокол OpenFlow обеспечивает связь между уровнями управления в инфраструктуре сети SDN. При этом сеть может быть как реализованной физически, так и виртуальной. Для этого протоколом OpenFlow используется контроллер, который собирает информацию о сети и ее компонентах и после ее обработки передает каждому последующему маршрутизатору по защищенному каналу связи таблицы с принятыми решениями. Благодаря этому облегчается процедура маршрутизации и происходит оптимизация передачи пакетов данных [3].

В связи с тем, что по программно-конфигурируемым сетям передаются потоки данных, таблицы коммутации, передаваемые между маршрутизаторами, называются FlowTable, то есть таблицы потоков. В таблицах происходит анализ и классификация поступающих пакетов по различным параметрам. Пакеты передаются к портам трех типов: физическому, виртуальному или резервному. Порты для резерва могут хранить данные и производить пересылку контроллеру или же производить передачу без применения стандарта OpenFlow.

Стоит отметить, что стандарт OpenFlow осуществляет не только управление данными, но и может производить такие действия, как переписывание пакетов, их отбрасывание, защита канала от вредоносного трафика и т. д. Наиболее важным является, конечно же, возможность реализации алгоритмов балансировки нагрузки и корректировки оператором пропускной способности сети, исходя из своих нужд.

Особенно удобным является разделение сети на потоки, к которым могут быть применены свои правила. Например, не обязательно для каждого потока использовать брандмауэр, а для приоритетного потока можно задать большую пропускную способность. Таким образом, оператору легче и удобнее выполнять администрирование своей сети.

Принцип функционирования протокола OpenFlow схематически показан на рис. 2. Напомним, что OpenFlow коммутатор отвечает за пересылку трафика, а OpenFlow контроллер отвечает за управление и контроль сети.

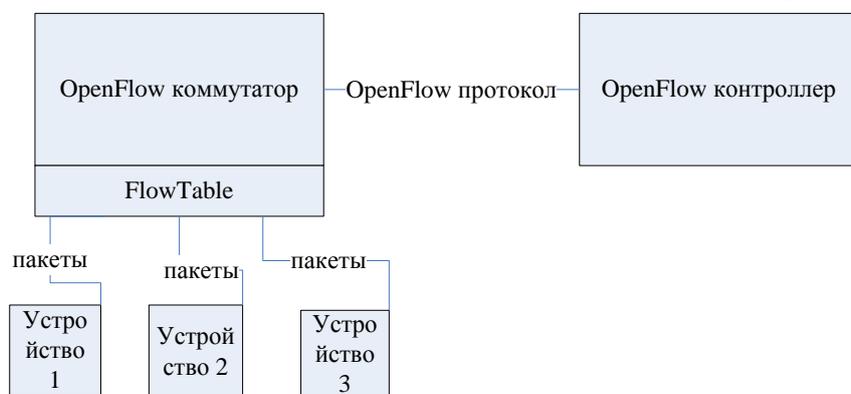


Рис. 2. Принцип функционирования протокола OpenFlow

Протокол OpenFlow идеально подходит для реализации в пределах сети одной организации. ПКС с OpenFlow позволяют модернизировать процессы контроля и управления, а также значительно сократить расходы на обслуживание. Как уже выше говорилось, с каждым годом количество пользователей растет и чтобы каждый потребитель мог пользоваться качественными и безопасными услугами необходимо совершенствовать маршрутизаторы. Выбрав же сеть SDN, не потребуется тратиться ежегодно на усовершенствование сетевого оборудования или закупку новых сетевых элементов.

#### 4. Принципы работы технологии OpenFlow

Как известно, принцип работы используемых на данный момент маршрутизаторов и коммутаторов базируется на таблицах потоков. Протокол OpenFlow может реализовывать полный набор потоковых таблиц, которые подходят для коммутаторов и маршрутизаторов различных производителей. Таким образом, оператор сети сможет легко идентифицировать передаваемые данные, а также контролировать прохождение трафика через сетевое оборудование. При этом в сетевых устройствах можно задавать необходимые параметры, например, загрузку канала.

Следует заметить, что не обязательно полностью менять сетевое оборудование в организации, что потребует затрат. Будет достаточно в уже имеющиеся контроллеры и маршрутизаторы добавить протокол OpenFlow. Благодаря такой модификации сетевые устройства будут функционировать по новым алгоритмам, и поддерживать таблицы потоков OpenFlow.

Рассмотрим, из чего складывается самый простой коммутатор, поддерживающий протокол OpenFlow. Он состоит из таблицы потоков, в которой прописаны действия для обработки различных потоков, защищенного канала для передачи пакетов между сетевыми устройствами, и собственно протокола OpenFlow, который необходим для реализации открытого канала взаимодействия между коммутатором и контроллером. Коммутаторы с поддержкой OpenFlow реализуют такие необходимые функции как передача пакетов к указанному порту и использование маршрутизации, передача пакетов по каналу

с использованием инкапсулирования, а также при необходимости отбрасывание пакета, которые может нанести вред сети (данные от непроверенных хостов или содержание вирусные атаки).

Порт OpenFlow представляет собой сетевой интерфейс, необходимый для передачи пакетов по сети с обработкой OpenFlow. Маршрутизатор типа OpenFlow поддерживает три типа портов как показано на рис. 3 [4].

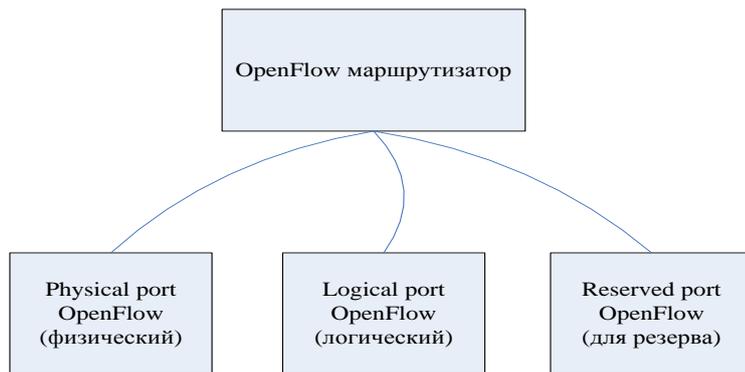


Рис. 3. Виды портов, поддерживаемые протоколом OpenFlow

Физический порт OpenFlow – это, по сути, интерфейс, выполняющий в сети функции hardware. Логический порт OpenFlow используется для добавления к заголовку пакета дополнительно поля Tunnel-ID с дальнейшей пересылкой на контроллер сети. Порт OpenFlow для резерва выполняет несколько задач, например, может дублировать пакеты с других портов или переправлять пакеты в другую таблицу OpenFlow.

Следует заметить, что таблица OpenFlow состоит из следующих полей:

- поля сравнения;
- поля приоритета;
- поля для счетчиков;

- поля для инструкций;
- поля для временных меток.

Как уже говорилось выше, маршрутизаторы OpenFlow могут работать в сетях, не предназначенных с самого начала функционирования для работы со стандартом OpenFlow. Для этого разработчиками были созданы как стандартные маршрутизаторы OpenFlow, так и специализированные гибридные. Гибридные устройства могут выполнять свои функции по обеспечению качественной передачи данных по сети как посредством Ethernet маршрутизации, так и с поддержкой протокола OpenFlow. Это достигается за счет того,

что стандартные маршрутизаторы оснащаются механизмом для обработки данных по конвейеру OpenFlow.

Конвейер OpenFlow представляет собой некое множество flow-таблиц, рассчитанных на некое множество flow-записей. В этих flow-таблицах происходит обработка поступившего в сеть пакета, и выполняются инструкции, прописанные оператором [5].

Для контроля и управления ПКС используются специализированные библиотеки, в которых содержатся коды для создания модульных приложений и настройки сетевых устройств. В табл. 1 приведены наиболее популярные из таких библиотек для контроллеров OpenFlow.

Таблица 1

Библиотеки контроллеров OpenFlow

NOX	Разработана компанией Nicira Networks, работает на программном языке C++, используется для создания приложения для управления ПКС
Beacon	Разработан учеными стэнфордского университета, работает на языке Java, помогает производить многопоточное и асинхронное управление сетью
Ryu	Разработан группой NTT laboratories OSRG, работает на языке Python, используется для реализации защищенных и хорошо управляемых корпоративных сетей
Floodlight	Разработан при содействии ученых стэнфордского университета, работает на базе языка Java, помогает реализовывать ПКС высокой производительности, а также может функционировать с совмещенными сетями
OpenDaylight	Разработан при поддержке разработчиков Linux Foundation, работает на базе языка Java, используется в перспективных сетях, где требуется максимальная отказоустойчивость и балансировка нагрузки, что достигается за счет развертывания контроллера OpenFlow на нескольких серверах

Из перечисленных библиотек контроллеров OpenFlow наиболее популярной и постоянно развивающейся является OpenDaylight. Это легко объясняется ее несомненными преимуществами: возможность функционировать везде, где используется язык Java, обладает впечатляющей модульностью, поддерживая и API, и OSCI.

### 5. Достоинства выбора коммутаторов OpenFlow для построения ПКС

Отметим наиболее значимые для разработчиков сетей и контролируемых их операторов, преимущества использования протокола OpenFlow:

1. Простота эксплуатации, управления и контроля сетями;

2. Возможность как ручного, так и программного управления при помощи операторов сети;

3. Высокая производительность сети, ее функциональность, масштабируемость и отказоустойчивость;

4. Облегчение работы администратора при возрастании качества работы и безопасности сети;

5. Возможность внесения корректив и изменений в функциональные возможности сети, при этом внесенные коррективы будут доступны на различных платформах без необходимости их реализации на каждой платформе заново;

6. Учет существующих особенностей и приложений сети;

7. За счет виртуализации процедур управления сетью снижаются расходы на их построение и контроль;

8. Возможность создания туннеля между хостами виртуальных машин для инкапсуляции трафика сети;

9. Путем зеркалирования трафика оператор может быстро выявить системы вторжения в систему;

10. Возможность настраивать сеть по требуемым оператору параметрам, например, можно ограничить пропускную способность или установить максимальную скорость передачи пакетов по каналу.

### **6. Дальнейшие пути развития стандарта OpenFlow и сетей SDN**

Одна из наиболее популярных идей по развитию сетей SDN заключается в осуществлении виртуализации, чтобы добиться максимального эффективного применения на практике сетевых ресурсов. Виртуализация в данном случае заключается в изолировании сетевого трафика, так чтобы было возможно проведение мультиплексирования нескольких потоков пакетов, имеющих различные параметры, в единой логической сети.

Идея виртуализации основана на следующих несомненных преимуществах, которые будут достигнуты в результате ее успешной реализации:

1. Увеличение эффективности распределения сетевых ресурсов;

2. Достижение максимально возможной сбалансированности нагрузки;

3. Возможность разделить различные потоки и задать им индивидуальные правила обработки и управления трафиков в рамках единой сети;

4. Возможность операторам в зависимости от поставленных целей задавать необходимые значения параметров и характеристики, что сделает администрирование максимально удобным и простым;

5. При необходимости можно будет тестировать все нововведения в рамках существующей физической сети для внесения корректировок перед применением их на практике;

Возможность выбора и использования только конкретных приложений, необходимых для поддержания полного функционала сети [6–8].

Дальнейшие пути развития протокола OpenFlow также направлены на создание удобных для пользования и регулирования виртуальных сетей. При этом конфигурирование ресурсов будет осуществляться автоматически. Администратор сможет управлять всеми серверами, хранилищами и сетевым оборудованием лишь через взаимодействие с облачной структурой. Это даст следующие преимущества:

1. Возможность работы с сетями со 100 % загрузкой, чтобы не простаивали каналы, и организация не терпела убытки;

2. Администраторы имеют возможность скрыть физическую топологию своей сети;

3. Виртуальные сети можно создавать, удалять, настраивать и управлять, не затрагивая другие виртуальные сети;

4. Все процессы будут масштабированы и автоматизированы;

5. В процессе использования сети администратор сможет вносить корректировки не только в

настройки сетевого оборудования, но и в общую топологию сети.

Также для эффективной работы сети на базе протокола OpenFlow ждут своего разрешения такие задачи, как разработка быстродействующих контроллеров, мгновенно принимающих решение в соответствии с заданными алгоритмами, а еще рассмотрение некоторых архитектурных вопросов, например, об эффективности проведения резервирования контроллеров [9, 10].

### **7. Результаты исследования**

Сети SDN являются «интеллектуальными» и имеют поистине неограниченные ресурсы для развития, модернизации и расширения своего функционала. Администраторы таких сетей смогут предоставить своим пользователям качественную и безопасную передачу трафика с хорошей пропускной способностью.

При этом на рынке услуг уже сейчас наблюдается широкое разнообразие сетевого оборудования, поддерживающего протокол OpenFlow, как для организации беспроводных сетей, так и проводных в зависимости от нужд потребителя.

Результаты исследования показали, что использование программно-конфигурируемых сетей с протоколом OpenFlow является современным, актуальным и перспективным решением вопроса об эффективности и производительности существующих сетей. В связи с этим в дальнейшем будет рассмотрен вопрос о создании усовершенствованного алгоритма мониторинга состояния каналов в сети SDN, функционирующих на базе сетевых устройств OpenFlow.

### **8. Выводы**

В ближайшие годы ожидается перекаривание сетевого рынка, основой которого станут программно-конфигурируемые сети. В связи с этим следует особое внимание обратить на протокол OpenFlow, который поможет в проектировании, управлении, разработке и работе новых сетей. Такой подход позволит не только справиться с увеличивающимися нагрузками на сети, но и не завышать тарифы на их пользование, чтобы не потерять потребителей. ПКС на базе OpenFlow позволят предложить пользователям высокий уровень бесперебойного и удобного обслуживания по доступным тарифам. При этом значительно облегчиться работа оператора, а перебои в сетях будут сведены к минимуму.

В будущем сети на базе протокола OpenFlow будут востребованы в корпоративных сетях и сетях ЦОД. Ведь именно в них будет наблюдаться наиболее заметный экономический эффект. Также OpenFlow может быть использован в сетях операторов связи, но для этого понадобится модернизация или же замена сетевого оборудования, которая, тем не менее, быстро окупится. Заметим, что по проведенным ранее тестированиям сети SDN можно с уверенностью утверждать, что выбор такой технологии позволит компаниям и повысить эффективность сетевых устройств примерно на 30 % и настолько же понизить затраты.

**Литература**

1. Vaughan-Nichols, S. J. OpenFlow: The Next Generation of the Network? [Текст] / S. J. Vaughan-Nichols // Computer. – 2011. – Vol. 44, Issue 8. – P. 13–15. doi: 10.1109/mc.2011.250
2. Леонтьев, А. Сеть без пробок [Текст] / А. Леонтьев // Инновации. – 2012. – № 44. – С. 18–19.
3. Коломеец, А. Е. Программно-конфигурируемые сети на базе протокола OpenFlow [Текст] / А. Е. Коломеец, Л. В. Сурков // Инженерный вестник. – 2014. – № 5. – С. 518–525.
4. Барсков, А. Г. Анализаторы SDN идут в массы [Текст] / А. Г. Барсков // Сети и системы связи. – 2001. – № 5 (69). – С. 64–70.
5. Барсков, А. Г. SDN: от восхода до заката [Текст] / А. Г. Барсков // Сети и системы связи. – 2000. – № 10 (60). – С. 84–87.
6. Яцик, А. Управление транспортными сетями. Единое и программно-конфигурируемое? [Текст] / А. Яцик // Новые технологии. – 2014. – С. 1–4.
7. Гончаров, Ф. О. Программно-конфигурируемые сети: OpenFlow и виртуальные сетевые перекрытия [Текст]: автореф. квал. раб. студ. / Ф. О. Гончаров; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. – Санкт-Петербург, 2014. – 94 с.
8. Ефимушкин, В. А. Международная стандартизация программно-конфигурируемых сетей [Текст] / В. А. Ефимушкин, Т. В. Дедовских // Электросвязь. – 2014. – № 8. – С. 3–9.
9. Бакланов, И. Г. Современный рынок измерительной техники: состояние, тенденции и решения [Текст] / И. Г. Бакланов // Вестник связи. – 2000. – № 8. – С. 21–24.

10. Красотин, А. А. Программно-конфигурируемые сети как этап эволюции сетевых технологий [Текст]: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук / А. А. Красотин; Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова. – Я., 2013. – 110 с.

**References**

1. Vaughan-Nichols, S. J. (2011). OpenFlow: The Next Generation of the Network? Computer, 44 (8), 13–15. doi: 10.1109/mc.2011.250
2. Leont'ev, A. Set' bez probok [Tekst] / A. Leont'ev // Innovacii. – 2012. – № 44. – S. 18–19.
3. Kolomeec, A. E., Surkov, L. V. (2014). Programmno-konfiguriruemye seti na baze protokola OpenFlow. Inzhenernyj vestnik, 5, 518–525.
4. Barskov, A. G. (2001). Analizatory SDN idut v massy. Seti i sistemy svjazi, 5 (69), 64–70.
5. Barskov, A. G. (2000). SDN: ot voshoda do zakata. Seti i sistemy svjazi, 10 (60), 84–87.
6. Jacik, A. (2014). Upravlenie transportnymi setjami. Edinoe i programmno-konfiguriruемое? Novye tehnologii, 1–4.
7. Goncharov, F. O. (2014). Programmno-konfiguriruemye seti: OpenFlow i virtual'nye setevye perekrytija. Sankt-Peterburg, 94.
8. Efimushkin, V. A., Dedovskih, T. V. (2014). Mezhdunarodnaja standartizacija programmno-konfiguriruemyh setej. Jelektrosvjaz', 8, 3–9.
9. Baklanov, I. G. (2000). Sovremennyj rynok izmeritel'noj tehniki: sostojanie, tendencii i reshenija. Vestnik svjazi, 8, 21–24.
10. Krasotin, A. A. (2013). Programmno-konfiguriruemye seti kak jetap jevoljucii setevyh tehnologij. Jaroslavl', 110.

*Дата надходження рукопису 17.02.2016*

**Коляденко Юлия Юрьевна**, доктор технических наук, профессор, кафедра «Телекоммуникационные системы», Харьковский национальный институт радиоэлектроники, пр. Науки, 14, г. Харьков, Украина, 61166

E-mail: kolyadenko@journal.kh.ua

**Белоусова Екатерина Эдуардовна**, аспирант, кафедра «Телекоммуникационные системы», Харьковский национальный институт радиоэлектроники, пр. Науки, 14, г. Харьков, Украина, 61166

E-mail: katrinmj@mail.ru

УДК 66-9

DOI: 10.15587/2313-8416.2016.64794

## **АНАЛИЗ ПРОЦЕССА КАРБОНИЗАЦИИ СУСПЕНЗИИ ШЛАМА РАССОЛООЧИСТКИ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА И ВЫБОР ТИПА РЕАКТОРА ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА**

© **М. И. Васильев, И. В. Питак, В. П. Шапорев**

*В данной работе рассмотрены вопросы производства и применения соединений магния, в мировой практике, и на Украине. Приведены результаты комплексного исследования теоретических аспектов производства, возможности повышения степени извлечения солей магния, чистоты продуктов имеющих производств, и перспективы использования в качестве сырьевой базы шламов рассолоочистки аммиачно-содового производства по бикарбонатному способу. Разработана принципиальная аппаратно-технологическая схема процесса переработки суспензии шлама рассолоочистки на ликвидные продукты, приведены результаты опытов*

**Ключевые слова:** соединения магния, интенсификация, шламы рассолоочистки, карбонизации, суспензия, абсорбция, вязкость системы, коэффициент