

СПС

АКАДЕМИЯ

СОВРЕМЕННЫХ

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ

ТЕХНОЛОГИЙ

- СПС Сети подвижной связи
- СПС.4 Широкополосный беспроводный доступ на основе Wi-Fi
(количество частей – 3, число страниц - 35)
- СПС.4.01 Характеристики стандартов Wi-Fi и использование возможностей WiFi для гео-позиционирования для экстренных служб
(число страниц – 13)

СПС.4

Характеристики стандартов Wi-Fi

В 1991 году было создано оборудование «беспроводной точности» Wi-Fi, которое предназначалось для систем кассового обслуживания. Оно появилось на рынке под маркой WaveLAN и обеспечивало скорость передачи данных от 1 до 2 Мбит/с. Создатель Wi-Fi — Вик Хейз (Vic Hayes) находился в команде, участвовавшей в разработке базовых стандартов Wi-Fi.

С 1997 года для устройств Wi-Fi действует стандарт IEEE 802.11, который определяет организацию беспроводных коммуникаций на ограниченной территории в режиме локальной сети, когда несколько абонентов имеют равноправный и нерегулируемый доступ к общему ресурсу - точке доступа.

Стандартом IEEE 802.11 определены два поддиапазона для оборудования Wireless LAN (табл. 1). Известны его более поздние расширения - IEEE 802.11a, IEEE 802.11b и IEEE 802.11g, в которых регламентируются диапазоны частот, скорости передачи, методы кодирования информации и прочие технологические характеристики работы сети (табл. 2).

Расширение стандарта IEEE 802.11b, принятое в 1999 году, предполагает использование того же диапазона частот 2,4 ГГц, позволяя повысить скорость передачи до 11 Мбит/с (базовый стандарт IEEE 802.11 ограничивает скорость величиной 2 Мбит/с). Метод передачи - DSSS. Стандартом предусмотрено выделение 14 частотных каналов, из которых только 3 - непересекающиеся. Ширина каждого канала - 22 МГц. Оборудование стандарта IEEE 802.11b используется для развертывания беспроводных сетей в помещениях.

Таблица 1. Поддиапазоны для оборудования WLAN

	Имя	Диапазон, ГГц	Максимальная мощность, мВт	Назначение (по стандарту)
1	UNII - 1	5.15 – 5.25	40	Wireless LAN в помещениях. Запрещено применять внешние антенны
2	UNII - 2	5.25 – 5.35	200	WLAN на открытых территориях. Коэффициент усиления антенн не должен превышать 6 дБ

Таблица 2. Сравнительная таблица стандартов группы 802.11

Стандарт	802.11	802.11b	802.11a	802.11g
Частотный диапазон	2.4 – 2.483 ГГц	2.4 – 2.483 ГГц	5.15-5.25 ГГц 5.25 – 5.35 ГГц 5.725 – 5.85 ГГц	2.4 – 2.483 ГГц
Метод передачи	DSSS, FHSS, IrDA	DSSS	DSSS, OFDM	DSSS, OFDM
Скорости	1.2 Мбит/с	1.2, 5.5, 11 Мбит/с	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Мбит/с	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Мбит/с
Метод модуляции	BPSK, QPSK	BPSK, QPSK, CCK	BPSK, QPSK, OFDM	BPSK, QPSK, OFDM
Дальность связи в помещениях	20 – 100 м	20 – 100 м	10 – 20 м	20 – 50 м

Появление новой технологии обработки сигнала OFDM привело к расширению базового стандарта 802.11g. Используя частотный диапазон 2,4 ГГц с применением новых методов кодирования и модуляции сигнала оборудование стандарта 802.11g позволяет достичь скоростей до 54 Мбит/с.

Внедрение беспроводных технологий создает дополнительные удобства для различных категорий сотрудников по использованию корпоративных информационных ресурсов. В качестве примера рассмотрим вариант организации корпоративной беспроводной сети в здании. В большинстве офисных и производственных зданий, как правило, уже имеется проводная инфраструктура. Развертывание системы DECT позволяет связаться с сотрудником, где бы в здании он не находился, а использование Wireless LAN дает возможность иметь постоянный доступ к ресурсам компании и к ресурсам сети Интернет не только с рабочего места (рис. 1). В первую очередь, это необходимо руководству компании, часто проводящему совещания и переговоры. Кроме того, любой важный гость сможет быстро подключиться к Интернету или (если есть соответствующие права) к корпоративной сети.

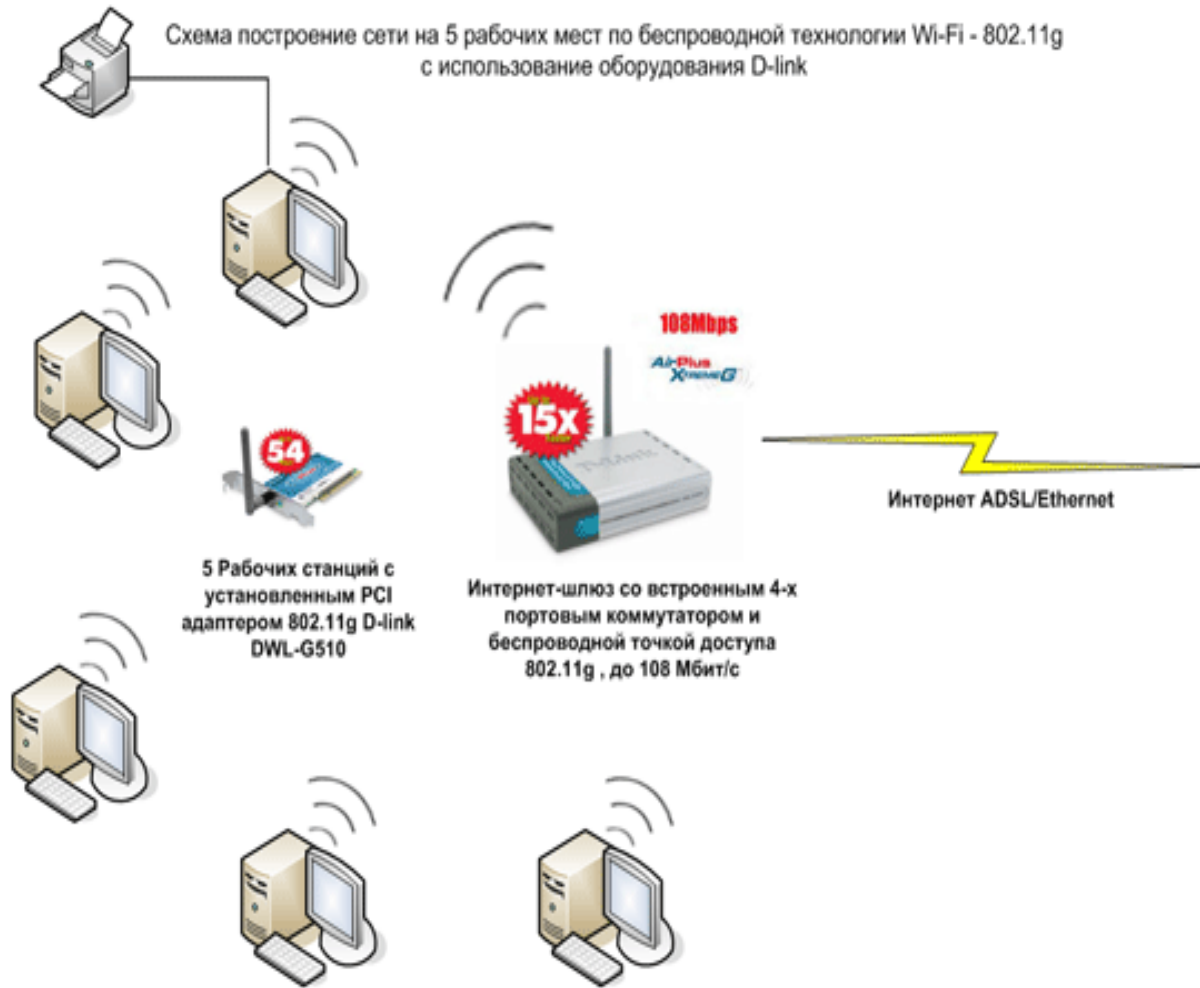


Рис. 1. Пример построения сети по технологии Wi-Fi

Помимо семейства стандартов 802.11 существуют альтернативные технологии увеличения скорости передачи (например, Atheros Super G). За рамки максимальной скорости 54 Мбит/с позволяют выйти четыре принципа:

- сжатие данных (data compression);
- быстрые кадры (fast frames), когда пакеты группируются и исчезает межкадровый интервал;
- увеличение пакетов (packet bursting);
- принцип «динамический турбо» (dynamic turbo), то есть расширение полосы частот для радиоканала.

Механизмы аутентификации

В стандарте 802.11 описаны два механизма, которые могут применяться для аутентификации клиентов WLAN – открытая аутентификация и с общим ключом.

При открытой аутентификации возможен доступ любого абонента к беспроводной локальной сети. Если в беспроводной сети шифрование не используется, любой абонент, знающий идентификатор точки радиодоступа, получит доступ к сети. Разработанные в 1997 году методы аутентификации IEEE 802.11 ориентированы на быстрое логическое подключение к беспроводной локальной сети. Многие IEEE 802.11- совместимые устройства представляют собой портативные блоки сбора информации (сканеры штрих-кодов), не имеющие достаточной процессорной мощности, необходимой для реализации сложных алгоритмов аутентификации. В процессе открытой аутентификации происходит обмен сообщениями двух типов:

- запрос аутентификации (Authentication Request);
- подтверждение аутентификации (Authentication Response).

При использовании ключей шифрования они становятся средством контроля доступа. Если абонент не располагает корректным WEP-ключом, то даже в случае успешной аутентификации он не сможет ни передавать данные через точку радиодоступа, ни расшифровывать данные, переданные точкой радиодоступа (рис. 2).



Рис. 2. Схема включения при открытой аутентификации

Аутентификация с общим ключом является вторым методом аутентификации стандарта IEEE 802.11. Аутентификация с общим ключом требует настройки у абонента статического ключа шифрования WEP. Процесс аутентификации иллюстрирует рис. 3.

Абонент посылает точке радиодоступа запрос аутентификации, указывая на необходимость использования режима аутентификации с общим ключом.

Точка радиодоступа посылает подтверждение аутентификации, содержащее Challenge Text. Абонент шифрует Challenge Text своим статическим WEP-ключом и посылает точке радиодоступа запрос аутентификации. Если точка радиодоступа в состоянии успешно расшифровать запрос аутентификации и содержащийся в нем Challenge Text, она посылает абоненту подтверждение аутентификации, предоставляя доступ к сети.

Еще один важный механизм, не описанный в стандарте 802.11 – это аутентификация с использованием MAC – адресов. В ходе такой аутентификации сверяется MAC - адрес клиентской станции со списком разрешенных MAC – адресов, хранящихся на сервере.

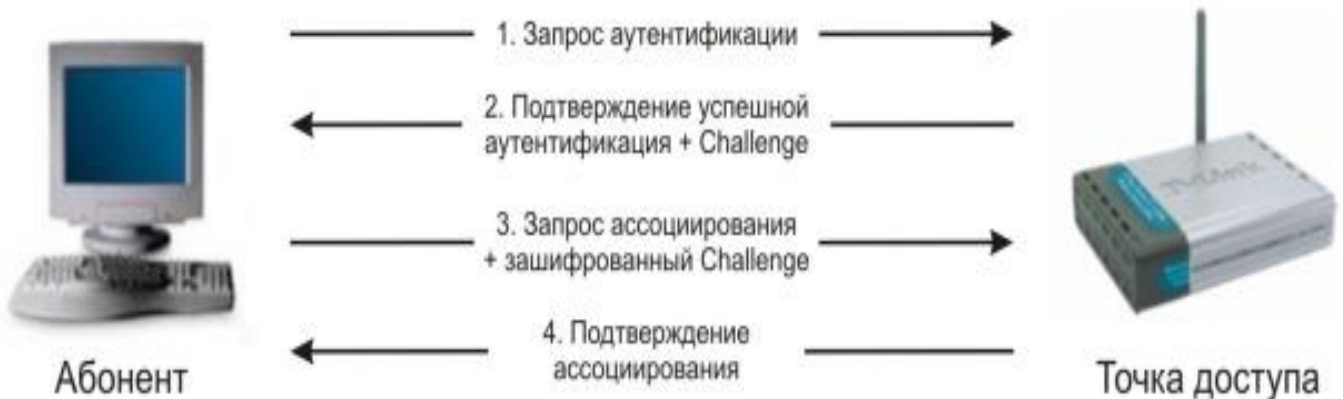


Рис. 3. Схема включения при аутентификации с совместно используемым ключом

Частотные диапазоны для Wi-Fi

Юридический статус Wi-Fi различен в разных странах. Например, в США диапазон 2.5 ГГц разрешается использовать без лицензии, при условии, что мощность не превышает определённую величину, и такое использование не создаёт помех тем, кто имеет лицензию.

В России использование Wi-Fi без разрешения на использование частот от Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ) возможно для организации сети внутри зданий, закрытых складских помещений и производственных территорий. Для легального использования вне офисной беспроводной сети Wi-Fi (например, реализация радиоканала между двумя соседними домами) необходимо получение разрешения на использование частот.

Решением ГКРЧ Российской Федерации с декабря 2009 года введена упрощенная и бесплатная процедура регистрации WiFi – устройств малого радиуса действия. Решению ГКРЧ удовлетворяют три класса точек доступа для использования в помещениях и на открытом пространстве (табл. 3 и 4):

в закрытых помещениях - устройства диапазона 2,4 – 2,483 ГГц (иначе – 2,4 ГГц) с эквивалентной изотропно излучаемой мощностью (ЭИИМ) менее 100 мВт;

вне помещений – устройства диапазона 2,4 ГГц при дополнительном ограничении на ЭИИМ до 1 мВт/МГц;

в закрытых помещениях – устройства диапазона 5,15 – 5,25 ГГц с ограничениями по ЭИИМ и ее плотности (соответственно, 200 мВт и 5 мВт/МГц).

Таблица. 3. Сравнение различных диапазонов внутри помещений

Диапазон, ГГц	Преимущества	Недостатки
2.4	1. Низкая стоимость оборудования. 2. Наибольшая зона покрытия. 3. Упрощенная процедура получения частот	802.11b – невысокая скорость 802.11g – меньшая зона покрытия, но скорость до 54 Мбит/с

5.15 – 5.25; 5.25 – 5.35	Высокая скорость передачи данных – до 54 Мбит/с	1. Значительно меньшая по сравнению с диапазоном 2.4 ГГц зона покрытия 2. Нет упрощенной процедуры для получения частот
-----------------------------	---	--

Любая сертифицированная точка доступа WiFi 802.11n/g/n с ЭИИМ до 100 мВт не требует расчета электромагнитной совместимости и дополнительного согласования с гражданскими и военными службами. Для разворачивания беспроводных сетей внутри помещения следует использовать частотный диапазон 2.4 ГГц и оборудование стандарта IEEE 802.11b или 802.11g. Для каждого сегмента рынка можно рекомендовать свой диапазон.

1. Для операторов связи подходит диапазон частот 5.15 – 5.35 ГГц с его высокими скоростями и богатой функциональностью оборудования.

2. Для организации каналов «точка - точка» в городах, помимо диапазона 5.15 – 5.35 ГГц, хорошо подходит диапазон 5.725 – 5.850 ГГц.

3. Для беспроводных сетей в области и во всех крупных городах: диапазон 2.4 ГГц – вне городов, он свободен от помех и обеспечивает максимальную дальность связи;

диапазон 5.725 – 5.850 ГГц обеспечивает хорошую дальность в режиме «точка - точка» и на более высоких скоростях.

Таблица 4. Сравнение различных диапазонов вне помещений

Диапазон	Преимущества	Недостатки
2.4 ГГц	1. Низкая стоимость оборудования 2. Максимальная дальность связи 3. Большой выбор оборудования	1. Диапазон занят в городах 2. Невысокая скорость передачи 3. деятельность «пиратов»
3.5 ГГц	1. Отсутствие «пиратских» сетей 2. Хорошая дальность связи 3. Первое поколение WiMAX – систем	1. Трудность получения частот 2. Высокая стоимость оборудования
5.15 – 5.25 и 5.25 – 5.35 ГГц	1. Высокая скорость передачи – до 54 Мбит/с	Меньшая дальность связи

5.725 – 5.850 ГГц	1. Богатый выбор поставщиков 2. Хорошая скорость – до 32 Мбит/с	В городах трудно получить частоты
5.9 – 6.4 ГГц	1. Свободный диапазон 2. Простота получения частот	Высокая стоимость частотных конверторов

Использование возможностей WiFi для геопозиционирования для экстренных служб

Выделим возможность WiFi, которая стала востребованной с распространением планшетов и смартфонов, - глобальное и локальное определение координат с точностью до 10-20 м. Система WiFi Positioning System (WPS), разработанная компанией Skyhook Wireless, использует базу данных, насчитывающую более 23 миллионов стационарных беспроводных точек доступа, для которых осуществлена привязка к географическим координатам. При подключении к точке доступа клиентское устройство определяет ее MAC – адрес и, сверившись с базой данных, может установить свои координаты с точностью до 100-200 м. Обязательным условием работы WPS является наличие беспроводных точек доступа, занесенных в геоинформационную базу Skyhook. Для пополнения базы Skyhook использует специализированные автомобили, обеспечивающие точную пеленгацию точек доступа. Базу также пополняют сами пользователи. Например, iPhone при каждом новом запросе к Google Maps (и базе Skyhook) определяет MAC - адреса близлежащих беспроводных точек доступа и уточняет их координаты на основании данных систем WPS, GPS, A-GPS. Система, одновременно обрабатывающая данные спутниковой, сотовой и WiFi – навигации, получила название Гибридной Системы Местоположения (XPS). Она особенно эффективна на городских улицах и в закрытых помещениях.

Находящийся в стрессовом состоянии человек с трудом дает информацию о своем местонахождении. Для повышения эффективности работы центров экстренных служб (ЦЭС) актуально введение автоматического определения местоположения абонентов. Определить местоположение абонента мобильной связи позволяет дооснащение инфраструктуры сети сотовой связи устройствами на базе технологии Cell ID + TA (Time Advance), которая рекомендована в качестве основной в странах ЕС.

Операторы мобильной связи, работающие в Москве, могут предоставлять данные о местоположении вызывающего абонента в ЦЭС после анализа данных по нескольким базовым станциям, в зоне действия которых находится абонент. Если вызов поступил от абонента фиксированной связи, то используется информация из базы данных ОАО «Московская городская телефонная сеть». Оператору ЦЭС поступают сведения о месте установки оконечного абонентского устройства. Если вызов поступает по таксофону, то это отмечается первой цифрой «8» в номере устройства.

В настоящее время система автоматического определения местоположения абонентов фиксированной и мобильной связи реализована в работе ЦЭС службы «02» города Москва.

Обслуживание экстренного вызова в службе «02» (см. рис. 4) включает:

$$t_{\text{обсл}} = t_{\text{местополож}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{лвс}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{местополож}}$ – время определения местоположения абонента;

$t_{\text{пр}}$ – продолжительность уточнения данных происшествия и одновременного оформления электронной заявки;

$t_{\text{лвс}}$ – время на передачу электронной заявки о происшествии по принадлежности через ведомственную локальную вычислительную сеть (ЛВС), включая контрольную проверку полученных данных.

Анализ данных статистики подтвердил экспоненциальный характер распределения времени обслуживания вызовов в ЦЭС службы «02». Предлагается рассматривать операторскую систему ЦЭС как многоканальную систему массового обслуживания (СМО) с ожиданием вида $M/M/V$, где в соответствии с классификацией Башарина - Кендалла первый показатель M отображает характер поступающего потока вызовов (пуассоновский поток), второй показатель M показывает экспоненциальный характер распределения времени обслуживания, V – число линий обслуживания (рабочих мест операторов).

Для исследования и сравнения характеристик многофазных многоканальных систем в теории телетрафика успешно используется метод замены группы линий одной линией с эквивалентной пропускной способностью. При анализе работы операторской системы ЦЭС возможен переход к эквивалентной однолинейной СМО вида $M/M/1$. Как показано в монографии Л. Клейнрока, для вида СМО $M/M/1$ нормированное время ожидания W/x следует определять как

$$W/x = Y / (1-Y), \quad (2)$$

где W – среднее время ожидания в очереди;

x – среднее время обслуживания одного требования;

Y – интенсивность нагрузки, определяемая как

$$Y = Z x, \tag{3}$$

где Z – интенсивность поступления вызовов.

Применительно к операторской системе ЦЭС справедливо равенство $x = \text{тобсл}$. Для снижения интенсивности нагрузки Y необходимо принимать меры к уменьшению тобсл .

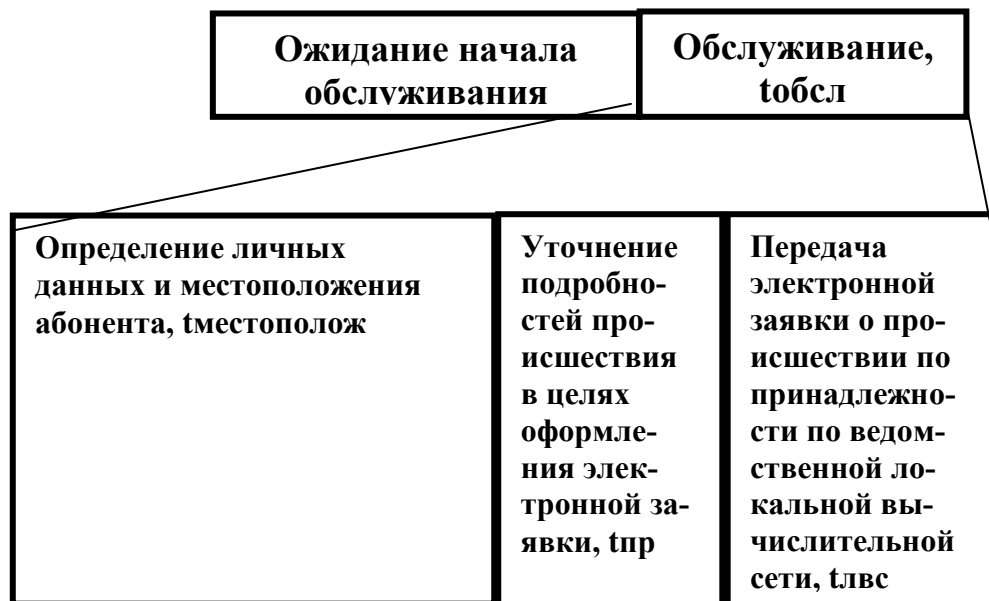


Рис. 4. Иллюстрация обслуживания вызова в ЦЭС службы «02»

Кроме того, на результаты работы операторской системы ЦЭС будет оказывать влияние характер обслуживания вызовов. Перспективен переход к регулярному обслуживанию, когда продолжительность обслуживания тобсл близка к постоянной величине.

Для СМО с регулярным обслуживанием $M/D/1$ (по классификации Башарина - Кендалла регулярный характер обслуживания отражает второй показатель вида D) нормированное время ожидания W/x определяется формулой

$$W/x = Y / 2(1-Y). \tag{4}$$

Сравнение формул (2) и (4) позволяет сделать предварительный вывод, что для системы с регулярным обслуживанием вида $M/D/1$ нормированное время ожидания в очереди вдвое меньшим, чем в системе с экспоненциальным характером

распределения времени обслуживания. Можно предположить, что аналогичное соотношение сохраняется и в том случае, когда работа операторской системы максимально приближена по своим характеристикам к СМО вида M/D/V. За последние два года работа узла экстренных служб службы «02» при ГУМВД города Москва преобразована таким образом, что характер обслуживания вызовов максимально приближен к регулярному за счет:

автоматического определения местоположения абонента;

использования готовых электронных форм и системы подсказок на рабочих местах операторов;

выделения в отдельную группу операторов по дорожно-транспортным происшествиям (ДТП). Характер обслуживания таких обращений близок к экспоненциальному, и требует большего времени.

Особенностью ЦЭС службы «02» города Москва является использование автоматического определения местоположения не только для абонентов фиксированной связи, но и для большинства абонентов подвижной связи. Таким образом, автоматическое определение местоположения абонента позволяет существенно снизить время обслуживания экстренного вызова до величины

$$t^*_{\text{обсл}} = t_{\text{пр}} + t_{\text{лвс}}. \quad (5)$$

Предлагается рассматривать операторскую систему ЦЭС как совокупность двух СМО, каждая из которых соответствует определенной группе операторов (см. рис. 5). Группе операторов, обслуживающих заявки по ДТП, соответствует СМО вида M/M/V_{дтп}. Для расчета характеристик работы этой группы может быть использована вторая формула Эрланга. Основная группа операторов представлена СМО вида M/D/V_{осн}. Для расчета характеристик работы основной группы операторов может быть использована модель Кроммелина. Формирование групп должно производиться с учетом данных статистики с использованием общего ресурса операторов:

$$V = V_{\text{дтп}} + V_{\text{осн}}, \quad (6)$$

где $V_{\text{дтп}}$ и $V_{\text{осн}}$ – соответственно, число операторов в группе ДТП и в общей группе.

Изменение соотношения между $V_{\text{дтп}}$ и $V_{\text{осн}}$ может производиться в рабочем порядке супервизором с учетом реальной потребности. Предварительная ориента-

ция вызовов по группам операторов выполняется системой распознавания голоса. Наиболее перспективным представляется выделение специального номера для обращения при ДТП.

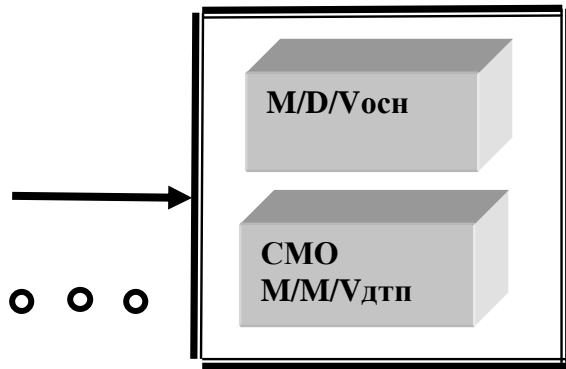


Рис. 5. Модель операторской службы ЦЭС

Анализ статистики по службе «02» во время чрезвычайных ситуаций в 2010 - 11 годах показал существенное снижение времени пребывания вызовов в очереди на обслуживание.

Авторы: Степанова И.В., к.т.н., доцент
Киселев И.В.