

“Утверждаю”

Проректор МТУСИ-директор ИПК

В.В.Воскобович

20.09.2013 г.

Научно-информационный материал

АНАЛИЗ ПСИХОФИЗИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К МУЛЬТИМЕДИЙНЫМ СРЕДСТВАМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

1.1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗРИТЕЛЬНОГО И СЛУХОВОГО АНАЛИЗАТОРОВ ЧЕЛОВЕКА.

Вопрос изучения восприятия информации имеет длительную историю. Физиологами собран обширный экспериментальный материал, который позволяет утверждать, что соответствующий вопрос в необходимом нам контексте достаточно проработан. С общими результатами подробнее можно ознакомиться в [1-7].

Рассмотрим, каким образом происходит приём информации человеком. Структура приема информации включает в себя следующие этапы:



Раздражитель P (слуховой, зрительный) воздействует на органы чувств (ОЧ), в результате чего возникают нервные импульсы (НИ), которые по нервным проводящим путям поступают в головной мозг (ГМ), обрабатываются там и формируются отдельные ощущения (ОЩ), складывается целостный образ восприятия (ЦВ) предмета, который сопоставляется с эталонами памяти (ЭП), в результате чего происходит опознавание (ОП) предмета, а затем, при мысленном сопоставлении текущей информации и прежнего опыта, посредством мыслительной деятельности (М) происходит осмысление (ОС), понимание информации. Внимание (ВН) должно быть направлено на приём и понимание информации. Внимание – направленность и сосредоточенность сознания человека на определенных объектах при одновременном отвлечении от других. Внимание выполняет определенные функции: 1) функция отбора значимых воздействий, которые соответствуют потребностям данной деятельности; 2) функция игнорирования других несущественных конкурирующих воздействий; 3) функция удержания, сохранения выполняемой деятельности, пока не будет достигнута цель, т.е. регуляции и контроля деятельности. Внимание делится на следующие виды:

- Непроизвольное внимание – произвольно, само собой возникающее внимание, вызванное действием сильного, контрастного или нового, неожиданного раздражителя или значимого и вызывающего эмоциональный отклик раздражителя.
- Произвольное внимание – сознательное сосредоточение на определённой информации, требует волевых усилий, утомляет через 20 минут.
- Послепроизвольное внимание – вызывается через вхождение в деятельность и возникающий в связи с этим интерес, в результате длительное время сохраняется

целенаправленность, снимается напряжение, и человек не устает, хотя послепроизвольное внимание может длиться часами.

Восприятие зависит от уровня внимания человека. Качество внимания описывается следующими характеристиками: концентрация – степень сосредоточенности внимания на объекте; объем – количество объектов, которые могут быть охвачены вниманием одновременно; переключение – намеренный осознанный перенос внимания с одного объекта на другой; распределение – возможность удерживать в сфере внимания одновременно несколько объектов, выполнять несколько видов деятельности; устойчивость – длительность сосредоточения внимания на объекте.

Существует закономерность циркуляции внимания – через каждые 6 – 10 секунд мозг человека отключается от приёма информации на доли секунды, в результате чего какая-то часть информации может быть потеряна.

Вернемся к ощущениям. Ощущения – объективны, т. к. в них всегда отражён внешний раздражитель, а с другой стороны субъективны, поскольку зависят от состояния нервной системы и индивидуальных особенностей. Анатомо-физиологический аппарат, специализированный для приёма воздействий определённых раздражителей из внешней и внутренней среды и переработки их в ощущения, называют анализатором. Каждый анализатор состоит из 3-х частей: 1) рецептора, или органа чувств, преобразующего энергию внешнего воздействия в нервные сигналы; 2) проводящие нервные пути, по которым нервные сигналы передаются в мозг; 3) мозговой центр в коре полушарий головного мозга. Каждый рецептор приспособлен к приёму только определённых видов воздействия (свет, звук), т. е. обладает специфической возбудимостью к определённым физическим и химическим агентам. Выделяют виды ощущений: зрительные, слуховые, кожные, обонятельные, осязательные, вкусовые, температурные, болевые, кинестетические (ощущения движения тела), интероцептивные (ощущения о внутреннем состоянии организма). Для данной работы представляют интерес только зрительные и слуховые ощущения.

Рассмотрим основные характеристики анализаторов:

1. Нижний порог ощущений – минимальная величина раздражителя, вызывающая едва заметное ощущение (J_0). Сигналы, интенсивность которых меньше J_0 , человеком не ощущается. Верхний порог – максимальная величина раздражителя, которую способен адекватно воспринимать анализатор (J_{\max}). Интервал между J_0 и J_{\max} носит название «диапазон чувствительности».
2. Дифференциальный, разностный порог – наименьшая величина различий между раздражителями, когда они ещё ощущаются как различные (ΔJ). Величина ΔJ пропорциональна интенсивности сигнала J ; $\Delta J/J = K$ – закон Вебера. Для зрительного анализатора $K = 0,01$, для слухового – $K = 0,1$.
3. Оперативный порог различимости сигналов – та величина различия между сигналами, при которой точность и скорость различия достигают максимума. Оперативный порог в 10 – 15 раз выше дифференциального порога.
4. Интенсивность ощущения (E) прямо пропорциональна логарифму силы раздражителя J (закон Вебера-Фехнера) $E = k \lg J + c$, где k и c константы.
5. Временной порог – минимальная длительность воздействия раздражителя, необходимая для возникновения ощущений. Пространственный порог определяется минимальным размером едва ощутимого раздражителя. Острота зрения – способность глаза различать мелкие детали предметов. Размеры предметов выражаются в угловых величинах, которые связаны с линейными размерами по формуле $\text{tg}(\alpha/2) = h / 2L$, где α – угловой размер объекта, h – линейный размер, L – расстояние от глаза до объекта. У людей с нормальным зрением пространственный порог остроты зрения равен 1 угл. мин., минимально допустимые размеры элементов отображения, предъявляемые человеку, должны быть на уровне оперативного порога и составлять не менее 15 угловых минут. Однако это справедливо только для предметов простой формы. Для сложных предметов, опознание которых ведётся по внешним и внутренним признакам, оптимальные условия будут в том случае, если их размеры составляют не менее 30 – 40 угловых минут. Объём зрительного восприятия – число объектов, которые может охватить человек в течение одной

зрительной фиксации (одного взгляда) при предъявлении не связанных между собой объектов, составляют 4 – 8 элементов.

6. Латентный период реакции – промежуток времени от момента подачи сигнала до момента возникновения ощущения. После окончания воздействия раздражителя зрительные ощущения исчезают не сразу, а постепенно (инерция зрения равна 0,1 – 0,2 сек.). Поэтому время действия сигнала и интервал между появляющимися сигналами должен быть не меньше времени сохранения ощущений, равного 0,2 – 0,5 сек. В противном случае будет замедляться скорость и точность реагирования, поскольку во время прихода нового сигнала в зрительной системе человека ещё будет оставаться образ предыдущего сигнала.

Разработчикам компьютерных обучающих сред, необходимо знать и учитывать психологические возможности человека по приёму информации, характеристики анализаторов человека. Основные характеристики анализаторов приведены в таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1

Характеристики зрительного анализатора человека.

| Основные характеристики | Величина | Примечание |
|--|----------------------|---|
| Диапазон электромагнитных волн | 360-760 нм | |
| Диапазон яркостей, воспринимаемых глазом | $10^{-6} - 10^6$ нит | |
| Оптимальный диапазон яркостей | 16 – 160 нит | |
| Нижний порог световой чувствительности | 9 нит | (при световой адаптации) |
| Дифференциальный порог | 0,01 | |
| Оптимальный контраст | 0,6 – 0,95 | $K_{\text{прямой}} = (V_{\text{ф}} - V_{\text{п}}) / V_{\text{ф}}$, где $V_{\text{ф}}$ – яркость фона, $V_{\text{п}}$ – яркость предмета |
| Максимально возможный контраст | 0,2 | |
| Острота зрения | 1 угловая минута | |
| Минимальные размеры элементов отображения | 30 – 40 угл. мин. | |
| Продолжительность зрительной фиксации | 0,25 – 0,65 сек | |
| Латентный период | 160 – 240 мсек | |
| Инерция зрения | 0,2 – 0,5 сек | |
| Временной порог | 0,1 – 0,2 сек | |
| Интервал между сигналами | 0,2 – 0,5 сек | |
| Критическая частота мелькания (КЧМ) | 15 – 25 Гц | (обеспечивает слитное восприятие мелькающих сигналов), оптимальная КЧМ – 40–50 Гц. |
| Время темновой адаптации (повышение чувствительности зрения в темноте) | 40 мин | |
| Время световой адаптации (снижение чувствительности зрения при ярком слепящем свете) | 10 сек | |

| | | |
|---|------------------------------|--|
| Внешняя освещённость, при которой увеличивается скорость распознавания: а) при прямом контрасте б) при обратном контрасте (изображение ярче фона экрана дисплея). | 200 – 500 люкс 5 – 8 люкс | |
|---|------------------------------|--|

Таблица 1.2

Характеристики слухового анализатора человека.

| Основные характеристики | Величина |
|--|---|
| Частотная чувствительность | 16 – 20000 Гц |
| Спектр человеческой речи | 20 – 3500 Гц |
| Диапазон звукового давления | $2 \cdot 10^{-4}$ - $2 \cdot 10^{-2}$ дин/см ² |
| Нижний порог: а) при 2000 Гц б) при ± 50 Гц | 10 дБ ($\pm 0,0002$ дин/см ²) 40 дБ |
| Верхний порог | 120 – 130 дБ |
| Интенсивность речи | 40 – 100 дБ |
| Дифференцированный порог (по интенсивности) равен 0,1 | (0,3 – 0,7 дБ) |
| Дифференцированный частотный порог | 2 – 5 Гц |
| Латентный период | 120 – 180 мсек |
| Временной период | 50 мсек |
| Пространственный порог | 10 – 20 |
| Необходимое превышение интенсивности речи над шумом | 6 дБ |
| Интервал между короткими звуками (5 – 10 мсек) | 30 – 40 мсек |
| Интервал между нормальными звуками (50 мсек) | 3 мсек |
| Оптимальный темп речи | 120 слов минуту |

Рассмотрим более подробно некоторые характеристики зрительного восприятия информации.

Энергетические характеристики зрительного анализатора определяются мощностью или интенсивностью световых сигналов, воспринимаемых глазом. К ним относятся: диапазон яркостей, контраст, цветоощущение.

Видимость предметов определяется контрастом между ними и фоном. Различают два вида контраста: прямой (предмет темнее фона) и обратный (предмет ярче фона). Количественно величина контраста

$$K_{пр} = \frac{B_{\phi} - B_n}{B_{\phi}}; \quad K_{об} = \frac{B_n - B_{\phi}}{B_n} \quad (1.1)$$

оценивается как отношение разности яркости предмета и фона к большей яркости, где B_{ϕ} и B_n – яркость фона и предмета.

Оптимальная величина контраста считается равной 0,60 – 0,95 (см. таблицу 1.1). Работа при прямом контрасте более благоприятна, чем при обратном. Обеспечение требуемой

величины контраста не является достаточным условием нормальной видимости предметов. Надо учитывать, как этот контраст воспринимается в данных условиях. Для его оценки вводится понятие порогового контраста, который равен

$$K_{пор} = \frac{\alpha B_{пор}}{B_{\phi}} \quad (1.2)$$

где $\alpha B_{пор}$ – пороговая разность яркости, т. е. минимальная разность яркости предмета и фона, впервые обнаруживаемая глазом.

Для нормальной видимости величина контраста должна быть больше $K_{пор}$ в 10–15 раз. Величина порогового контраста зависит от яркости и размеров предметов α .

Объекты больших размеров видны при меньших контрастах и с увеличением яркости уменьшается значение порогового контраста.

Проанализировав формулы (1.1) можно сделать вывод, что увеличение освещенности при прямом контрасте приводит к улучшению условий видимости (величина $K_{пр}$ увеличивается), при обратном – к её ухудшению (величина $K_{об}$ уменьшается).

На основе сказанного можно сделать вывод о том, что при создании оптимальных условий для зрительного восприятия необходимо не только обеспечить требуемую яркость и контраст сигналов, но и равномерность распределения яркостей в поле зрения.

Рассмотрим спектральную чувствительность глаза. Совместное действие видимого излучения на сетчатку глаза воспринимается как белый свет. Монохроматическое излучение характеризуется определённой длиной волны и воспринимается как цветное.

Глаз человека воспринимает электромагнитные волны в диапазоне 360-760 нм (см. таблицу 1.1). Основное спектральное свойство глаза состоит в том, что излучения, равные по мощности, но излучаемые в разных участках видимого спектра, оказываются совершенно различными по своему световому действию. Воздействие на глаз монохроматического

$$\nu(\lambda) = K(\lambda) / K_m \quad (1.3)$$

излучения с длиной волны λ оценивает относительной спектральной световой эффективностью. где $K(\lambda)$ – спектральная световая эффективность монохроматического излучения с длиной волны λ , K_m – максимальная спектральная световая эффективность, т. е. максимальное значение $K(\lambda)$, соответствующее $\lambda \approx 555$ нм, при дневном зрении $K \approx 680$ лм·Вт⁻¹.

Для дневного зрения максимальная спектральная чувствительность глаза проявляется к излучению жёлто-зеленого цвета с $\lambda = 555$ нм, а для сумеречного с $\lambda = 510$ нм. Рекомендуемый уровень свечения в кд/м² при внешней освещенности 200 лк приведен в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Рекомендуемый уровень свечения цветового спектра.

| Цвет | Оптимальная яркость, кд/м ² | Минимальная яркость, кд/м ² |
|-----------|--|--|
| Белый | 175 | 100 |
| Красный | 45 | 27 |
| Оранжевый | 110 | 65 |
| Желтый | 120 | 70 |
| Зеленый | 55 | 30 |
| Голубой | 80 | 35 |
| Синий | 25 | 10 |

При проектировании различных объектов (предметов) отображения, в частности при оформлении окон и рамок, возникает вопрос определения минимальных размеров цветовых полей. С уменьшением угловых размеров поверхностей цвет их искажается. При $\alpha = 15$ угловых минут желтый цвет меняет оттенок на сине-зелёный, зеленый на тёмно-серый, а пурпурный на

коричневый. Наибольшему изменению подвержены желтый и синий цвета. Однако изменение цвета с уменьшением размера можно компенсировать увеличением яркости. При угловых размерах $\alpha \leq 3$ угловых минут поверхность становится практически бесцветной. Поэтому минимальная толщина цветковых линий должна быть больше указанного выше размера.

Форма и цвет предмета воспринимается только при яркости зрительного стимула не менее или равного 10 кд/м^2 . При яркости менее $0,003 \text{ кд/м}^2$ функционируют только сумеречное зрение. Следовательно, различие цветов возможно лишь при достаточно высоких значениях яркости зрительного стимула. Надёжное и более тонкое различие цветовых оттенков возможно при яркости 175 кд/м^2 .

Глаз различает семь основных цветов и более сотни их оттенков. Правда, чувствительность глаза по спектру не остаётся постоянной (рис. 1.1).

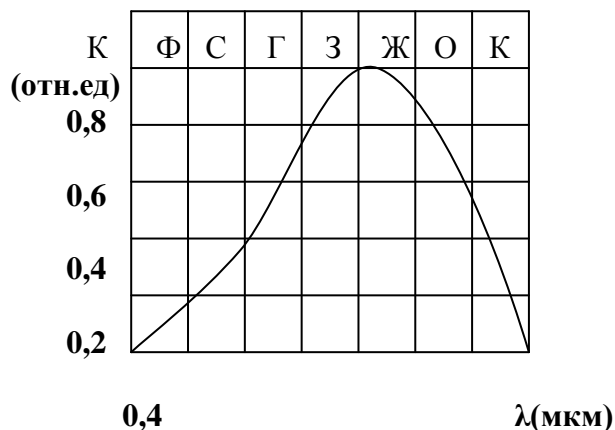


Рис. 1.1. Чувствительность глаза к цветовой спектру.

Из рис. 1.1 видно, что глаз более чувствителен к желто-зеленому цвету и чувствительность его падает для длин волн, соответствующих красному и синему цвету.

Рассмотрим также более подробно время реакции человека на световые раздражители. В сознании человека зрительные образы возникают не мгновенно. Происходит некоторое запаздывание относительно момента воздействия светового раздражения на сетчатку. Это запаздывание равно $0,1 - 0,2 \text{ с}$ для центрального зрения и $0,1 - 32 \text{ с}$ для периферического. Время, необходимое для возникновения зрительного ощущения зависит от нескольких факторов:

- интенсивности источника света;
- длины волны излучения.

После воздействия светового раздражителя зрительное ощущение исчезает не сразу. Глаз ощущает след исчезнувшего изображения той же формы в течение примерно $0,05 - 0,2 \text{ с}$. Поэтому быстро движущаяся светящаяся точка воспринимается глазом как сплошная светящаяся линия.

Мелькание возникает как впечатление от изменения уровня яркости или цвета. Восприятие глазом мельканий зависит от частоты чередования света и темноты. Мелькание сильно раздражает, т. к. вызывает сильное зрительное напряжение, поэтому может допускаться на короткие промежутки времени или использоваться для аварийного сигнала, но желательно устранить мелькания вообще.

Вследствие инерции ощущения частота мельканий свыше 45 Гц становится незаметной для глаза. Частота мельканий света в секунду, при которой достигается ощущение постоянной яркости, называется критической. Критическая частота мелькания (КЧМ) при разном освещении различна. При освещении до $0,1 \text{ лк}$ $\text{КЧМ} = 10 \text{ Гц}$, 10 лк $\text{КЧМ} = 30 \text{ Гц}$, 100 лк $\text{КЧМ} = 40 \text{ Гц}$. Различная КЧМ объясняется свойствами палочек и колбочек сетчатки. Причина возникновения остаточных зрительных изображений заключается в том, что продукты фотохимического распада не исчезают мгновенно, а лишь через определённый промежуток времени.

При рассмотрении характеристик чувствительности речь шла о предельно возможных

ощущениях. Теперь рассмотрим этот вопрос с точки зрения оценки времени, предельно необходимого для реагирования на эти ощущения. Время реакций (ВР) существенно зависит от вида сигнала и его интенсивности. Чем меньше сигнал, тем короче латентное ВР (время от начала предъявления сигнала до его ощущения).

Имеются данные, что за счёт увеличения интенсивности сигнала ВР на него может уменьшиться в 4 раза и более. Зависимость ВР от интенсивности раздражителя, выраженной в относительных единицах, можно представить следующей формулой:

$$BP = BP_0 + \frac{\alpha}{\lg(J/J_0)} \quad (1.4)$$

где BP_0 – минимальное ВР при достаточно большой интенсивности раздражителя;

J/J_0 – отношение данной интенсивности раздражителя к его пороговому значению;

α – постоянная, зависящая от типа раздражителя, условий деятельности и состояния пользователя.

Экспериментально было доказано, что на ВР влияют не столько сами абсолютные характеристики раздражителя (интенсивность, размер), сколько их отношение к окружающему фону. С увеличением контрастности раздражителя по отношению к фону ВР на него сокращается. Павловым И. П. был установлен закон, в котором сказано, что чем больше энергии поступает от раздражителя в нервную систему, тем быстрее протекают процессы во всех её звеньях, тем энергичнее конечный рефлекторный эффект.

Действие этого закона может нарушаться с изменением физического и психического состояния человека, с адаптацией к данному раздражителю, а также в случае особой значимости для пользователя слабого раздражителя (например, аварийный сигнал). Время реакции на него может быть короче, чем на более сильный, но менее значимый сигнал. Субъективное ощущение яркости зависит от длительности действия раздражителя $t_{раз}$. (рис. 1.2). При длительности более 0,5 с субъективное ощущение яркости понижается вследствие развития адаптационных явлений.

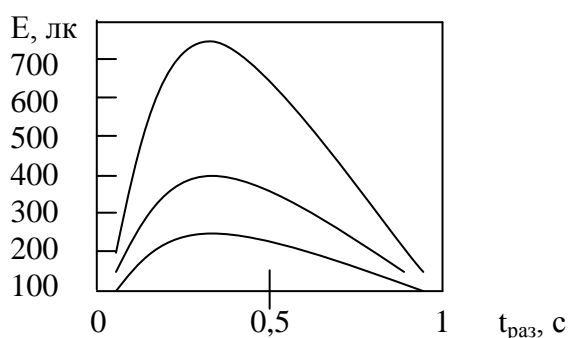


Рис. 1.2. Зависимость ощущения яркости от длительности действия раздражителя.

Количество информации, воспринимаемой пользователем, ограничено пропускной способностью человеческого организма. Пропускная способность (ПС) человека, т. е. максимальная скорость, с которой он может воспринимать и передавать информацию (бит/сек), является функцией многих факторов: объёма выводимой информации, величины контрастности, яркости, размеров предметов изображения, частоты поступления информации и т.д.

Нормальная, без перегрузки, работа человека будет обеспечена, если ПС = 3 – 5 бит/сек. При ПС = 5 – 9 бит/сек информационная нагрузка несколько завышена, но поскольку она соответствует объёму зрительного восприятия, то вполне допустима. Зонай перегрузки является ПС = 10 – 100 бит/сек, хотя иногда она может достигать 50 – 70 бит/сек. Например, человек опознаёт буквы, цифры со скоростью 20 – 60 бит/сек, читает про себя – 40 – 50 бит/сек, опытная машинистка печатает со скоростью 14 – 26 бит/сек, но скорость приёма и запоминания информации составляет 1 – 9 бит/сек, скорость принятия сложных решений ещё меньше. Если скорость поступления информации к пользователю превышает ПС, то из-за перегрузки человек не сможет воспринимать всю информацию.

Пропускную способность пользователя при работе с конкретной программой можно вычислить по следующей формуле

$$C = \frac{n \log_2 N}{T} \quad (1.5)$$

где T – время отображения информации; n – число правильно опознанных символов; N – число символов в системе отображения информации.

1.2. ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ЧЕЛОВЕКОМ ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ.

Восприятие – это наследно-образное отражение действующих в данный момент на органы чувств, предметов и явлений действительности в совокупности их различных свойств и характеристик. Продуктом восприятия всегда выступает более или менее сложный образ предмета. Восприятие изначально осмыслено (мера этой осмысленности зависит от степени осмысленности привлекаемых в процесс знаний и глубины их использования в самом процессе), целостно, избирательно и константно. Избирательность восприятия проявляется в его способности последовательно выделять из некоторой целостности объекта изучения (или просто интереса) одни параметры или явления за другими. Константность восприятия проявляется в относительном постоянстве некоторых воспринимаемых свойств предметов при изменении условий восприятия.

Рассмотрим особенности восприятия и понимания пиктографического и идеографического видов семантической информации.

Семантическая информация, изучаемая разделом семиотики – семантикой, основной задачей ставит вопрос о нахождении оптимальных для фиксации значений видов знаковых выражений и оптимальных для формирования смысла построения сообщений. Другими словами, семантическая информация – это информация, предполагающая актуальную и потенциальную возможность раскрытия потребителем закодированного теми или иными знаковыми средствами её содержания, смысла сообщения.

Пиктографические знаковые системы.

Если задаться целью построить ряд форм пиктографической информации, например, по признаку увеличивающейся знаковости или, что то же, – возрастания абстрактности, «отлёта от реальности», то формы предъявления информации, рассматриваемые в этом разделе, выстроятся в такой ряд: фотография, технический рисунок, чертёж, схема.

1. Фотография

Нам интересны те функции фотографии, которые дают возможность с документальной точностью запечатлеть объект познания (так называемая документальная фотография). Причём не только в статике, но и в динамике, и что особенно важно, – во временном масштабе, согласующемся с возможностями зрительного анализатора человека. Фотография как способ изображения и как средство фиксации отражения реальных предметов объективно представляет собой плоскостное изображение, и всё же человек в состоянии правильно воспринимать изображение объекта – ввиду того, что на фотографии схватывается пространственное соотношение объектов аналогично человеческому видению. Объекты, находящиеся на разном удалении от глаз, в процессе их восприятия проецируются на сетчатку, изменяясь не линейно, а по более сложной зависимости, которую в некотором приближении и моделирует оптическая система фотоаппарата. Это способствует достижению пространственного изоморфизма, в силу чего при рассмотрении плоскостного изображения создаётся иллюзия пространственного видения объекта. В хроматической (цветной) фотографии дополнительным средством изображения объёмной формы предмета являются свет и цвет, а в хроматической фотографии – светотень, образующая тон, зависящий от освещённости изображаемых тел. Изображение на фотографическом снимке,

как правило, имеет постепенный мягкий переход от тёмного к светлому и содержит всю гамму полутонов – от полного чёрного до чистого светлого тона. Мягкое изображение, сохраняющее все полутоновые переходы воспринимается хуже, чем контрастный фотографический снимок. Здесь затрудняется вычленение фигуры из тона. Такие фотографии, как, правило, имеют большой эстетический потенциал. Их можно применять при отсутствии дефицита времени на восприятие.

Известные исследования по определению сравнительной эффективности хроматической и ахроматической иллюстрации как формы предъявления информации отличаются во многом противоречивыми выводами, что не даёт возможности сколько-нибудь уверенно говорить о сравнительных достоинствах первых и вторых.

Зрительное восприятие информации при её рассмотрении осуществляется в процессе последовательного перемещения взгляда по объекту. Движение глаз при этом не носит плавного или правильного ритмичного характера – оно происходит саккадически, скачкообразно, с большей или меньшей длительностью фиксаций, остановок глаз на том или ином месте информационного поля. Экспериментально обнаружено, что взор останавливается на самых информативных местах поля. Так как движение глаз между фиксациями происходит очень быстро – это движение (скачок) занимает в среднем 0,015 с – возможность считывания информации во время движения совершенно исключена. Следовательно, считывание происходит лишь во время фиксаций. Об этом же говорит и соотношение времени саккадических движений глаз: суммарное время фиксаций в процессе восприятия составляет 90 – 95 % времени экспозиции информационного документа (из них около 10 – 20 % приходится на регрессивные повторные фиксации). Соответственно все перемещения взора занимают 5 – 10% времени восприятия.

Результаты исследований показали (приведены обобщённые данные) [1]:

а) Среднее время опознания объекта на фотографии составляет 2,46 с.

б) Время, необходимое для понимания изображаемого на фотоснимке объекта, – 12,63 с.

Среднее время экспозиции, необходимое для правильного восприятия объекта по его фотографии без функционального фона, на 33 % меньше, чем для фотографий с функциональным фоном.

По-видимому, хотя фон и несёт полезную информацию, всё же это маскирующий фактор, требующий дополнительного времени на выделение границ объекта и на восприятие самого фона. Учитывая, что глаз фиксирует в первую очередь, места наибольшей контрастности человек может в равной мере выделять элементы изображения, относящихся и к объекту и к фону. На маршруты осмотра влияет и необычность формы, наличие ритмических рядов, а также величина функционального фона. Это особенно заметно в случае соизмеримости площадей, занимаемых объектом и функциональным фоном, представляющим организованную смысловую структуру с тождественным распределением физической силы раздражителя.

При предъявлении фотографий объекта с функциональным фоном человек выделяет информационные признаки, относящиеся как к объекту, так и к фону; в некоторых случаях вначале формировался перцептивный образ окружающего фона и лишь затем – объекта. Такая последовательность наблюдается в основном, в случаях, когда фон занимает соизмеренную площадь и представлял собой семантически организованную структуру.

Таким образом, с увеличением количества информационных элементов длительность глазодвигательной активности (и число фиксаций) увеличивается. Уменьшение количества фиксаций при восприятии фотографий объекта без функционального фона на 20 % даёт основанием думать, что объём полученной иррелевантной, не относящийся к делу информации уменьшается. Об увеличении трудности решения зрительной задачи в случае наличия функционального фона свидетельствует также и такой надёжный показатель, как средняя продолжительность фиксации.

Время экспозиции, необходимое для правильного восприятия объекта, как в свободном так и в навязанном режиме рассматривания, а также значение параметров работы глазодвигательной системы позволяют утверждать, что наиболее эффективная форма предъявления информации – фотографическое изображение объекта без его функционального фона.

2. Технический рисунок.

Технический рисунок – это следующая после фотографии ступень абстрагирования, отхода от мира реальных предметов. Он значительно более «знаковый», чем фотография. Как правило, технический рисунок может обеспечить достаточную научную и техническую достоверность, точность, чёткость и ясность изображения объекта. Недостатки, присущие техническим рисункам, отчасти компенсируются большей выразительностью, достигаемой различного рода иллюминировками. Каждый штрих иллюминировки в рисунке должен способствовать повышению выразительности и достоверности восприятия предмета.

Психологически наилучшим по восприятию следует считать не изометрическое или диметрическое, а перспективное изображение предмета – оно характеризует не только его положение в пространстве, но и глубину, а также удалённость на то или иное расстояние от воспринимающего в метрике, изоморфной человеческому глазу. Однако из-за искажений при построении перспективного рисунка иногда затрудняется определение действительных размеров объекта. Кроме того, строить технический рисунок в перспективе сравнительно сложнее и поэтому его применение в технике ограничено, хотя в живописи, художественной графике и архитектурно-строительных чертежах они широко применяются.

В исследованиях Б.Ф. Ломовым восприятия изображений объектов, представленных в виде цветных, светотеневых и контурных рисунков, были получены данные о латентном периоде и величине реакции в сравнении с реакцией на предмет в натуре и слово.

Таблица 1.4

Восприятие изображений объектов.

| Сигнал | Латентный период, сек. | Величина (сила) реакции, % |
|----------------------|------------------------|----------------------------|
| Предмет в натуре | 0,4 | 100 |
| Цветной рисунок | 0,9 | 76,5 |
| Светотеневой рисунок | 1,2 | 55,1 |
| Контурный рисунок | 2,5 | 27,5 |
| Слово | 2,8 | 16,3 |

Приведённые данные в таблице свидетельствуют о том, что реакция на рисунок приближается к реакции на предмет при всё более полном воспроизведении признаков предмета в рисунке. Об этом также свидетельствуют сравнительные исследования восприятия предмета и рисунка. Однако исследование восприятия детализированного и обобщённого плаката показали, что обобщённые изображения воспринимаются не хуже, чем детализированные.

Результаты исследований показали:

- а) среднее время восприятия на уровне опознания технического рисунка равно 1,95 с.;
- б) среднее время экспозиции, затрачиваемое на понимание технического рисунка составляет 8,15 с.

Наименьшее время экспозиции наблюдается при предъявлении технических рисунков, выполненного в перспективе чуть больше при диметрии, а наибольшее – при изометрии.

В результате сравнительного исследования различных видов технических рисунков можно сформулировать следующие выводы:

1. Наиболее эффективный вид технических рисунков – перспектива. Однако, учитывая сложность её построения, можно применить диметрическую проекцию. Ухудшение показателей, характеризующих эффективность работы зрительной системы человека, будет при этом незначительным.

2. В процессе получения наряду с изменением моторного и сенсорного алфавитов (соответственно глагодвигательных и сенсорных приёмов обработки информации) происходит формирование признаков нового, более высокого уровня, что соответствует повышению степени обобщённости оперативных единиц, их информативности и приводит к увеличению

эффективности восприятия. Следовательно, при всех прочих равных условиях лицам, обладающим техническими знаниями и достаточным общим уровнем «прошлого опыта», определяемым, в частности, возрастом, можно предъявить более «трудные» виды технических рисунков (например, в изометрии).

3. На основании анализе движения глаз, а также словесных отчётов и эскизов выделяется три способа чтения технических рисунков: хаотичное, поэлементное, свёрнутое.

Применение того или иного способа чтения зависит от опыта человека, от деятельной освоенности объекта и от условий предъявления информации.

4. Принимая во внимание, что доминирующим признаком при восприятии технического рисунка является контур, необходимо соблюдать наибольшую его выразительность, чёткость, а в случаях, когда изображение даётся в разрезе (частичном или полном) с вырывами и т. д., следить, чтобы последние по возможности не прерывали замкнутость контура изображаемого объекта.

Понимание технических рисунков, в общем, не имеет существенных различий с пониманием фотографий аналогичных объектов на нейтральном, «пустом» фоне. Здесь наблюдается последовательность, его зависимость от угловых размеров изображения, от возрастных и профессиональных факторов.

3. Чертёж.

Чертёж можно определить как графическое построение, содержащее условное изображение предмета, полученное методами проецирования в декартовой системе координат. Среди психологов существует несколько точек зрения на особенности восприятия технического чертежа (архитектурные рассматривать не будем). В работах Б. Ф. Ломова и других исследователей показано, что при формировании представления предмета по чертежу сначала образуется некоторый образ его общей формы, выступающей базой для дальнейшего «обрастания деталями». В частности, на основе восприятия фронтальной проекции создаётся объёмный образ предмета, который изменяется при дальнейшем чтении чертежа в процессе мысленного пространственного манипулирования этим образом.

Прочитать чертёж – это значит извлечь из него сообщение, на основе которого строится представление об объёмных формах деталей, их взаимосвязанности в объекте, а также о самом объекте в пространстве.

Результаты исследований показали:

- а) среднее время восприятия объекта, представленного на чертеже, составляет 9,6 с.;
- б) на понимание среднее время экспозиции чертежа равно 20,55 с.

4. Схема.

Чтение схем связано с соотношением её знаковых форм с различными конструкциями, т. е. знакового и реального, а в ряде случаев также с оперированием пространственными динамическими образами.

Результаты исследований показали:

- а) среднее время экспозиции, требуемое для понимания схемы равно 8,9 с.;
- б) среднее время восприятия объекта, представленного на схеме, – 3,48 с.;

Вначале движения глаз отличаются малой продолжительностью фиксаций (0,10 – 0,30 с.), затем более длительной (0,4 – 0,8 с.), в некоторых случаях даже до секунды.

5. Пиктограмма.

Пиктограмма как один из видов графической формы предъявления информации предназначена главным образом для массового читателя. Цель её: обратить внимание на основной факт, не акцентируя внимание на деталях.

Результаты исследований показали:

Среднее время восприятия и понимания пиктограмм 1 (такие «украшательские» пиктограммы широко применяют в массовых журналах и других изданиях) составляет 11,6 с.; 22,6 % пиктограмм 1 оказываются полностью или частично непонятными.

Процессы восприятия и понимания пиктограмм 1 практически не имеют ощутимых границ, – здесь последние стадии восприятия выступают начальными стадиями понимания.

Исследования показывают наличие оптимальной сложности пиктограмм (по критерию скорости и точности восприятия и понимания). Если сложность возрастает, т. е. увеличивается количество элементов пиктограммы и связей между ними, увеличивается и время восприятия, а в наиболее структурно сложных пиктограммах, кроме того, ухудшаются показатели понимания за счёт неправильного выбора опорных, информативных мест. Если же сложность уменьшается, то, как правило, появляется неоднозначность понимания за счёт недостаточности информативных мест. Ясно, что оптимизм структурной сложности должен определять психолог в результате экспериментального исследования пиктограмм.

Пиктограммы 2 – вербальные сообщения.

Пиктограммы 2 можно представить в таких больших классах:

- ассоциативные,
- ассоциативно-конвенциональные,
- конвенциональные.

По критерию эффективности пиктограммы 2 распределяются так: если эффективность ассоциативных пиктограмм принять за 100 %, то у ассоциативно-конвенциональных она составит 81 %, конвенциональных 52 % (примерно вдвое ниже ассоциативных).

Пиктограммы 3 (показывают назначение органов управления или индикации на пультах управления или в кабинах разных технических объектов) и пиктограммы 4 (например, дорожные знаки) мы не рассматриваем.

Пиктограммы 5 – основные функции служить своеобразной опознавательной меткой предприятия или организации, проставленной на выпускаемых ими товарах, изделиях или документах).

Результаты исследований показали:

среднее время восприятия и понимания пиктограмм 5 с прямым денотатом составляет 4673,1; с приблизительно отражающим денотатом – 6473; пиктограммы 5 с подменённым денотатом – 6369,5 мс. Среднее время восприятия и понимания простых пиктограмм 5 составляет 5587,6, сложных – 6010,6 мс.

Исследование наглядно показывает тесную корреляцию между пониманием и запоминанием пиктограмм 5, а также то, что эта корреляция тем теснее, тем точнее и однозначнее пиктограмма отображает преданное ей значение.

Если уровень понимания пиктограмм 5 с прямым денотатом принять за 100 %, то понимание пиктограмм 5, приблизительно отображающих свой денотат составит 26,2, а с подменным денотатом – лишь 16,7 %.

Аналогичную картину наблюдаем и при сравнении запоминания этих групп пиктограмм 5. Лучше всего запоминаются пиктограммы 5 с прямым денотатом (100 %), значительно хуже – с приблизительно отображающими свой денотат (37,3 %), ещё хуже – подменным денотатом (36,6 %).

Сопоставление групп простых и сложных пиктограмм 5 показывает, что простые понимаются на 89,6 и запоминаются на 29,6 % лучше, чем сложные.

Идеографические знаковые системы.

Идеографический вид семантической информации по сравнению с пиктографическим способен к передаче более скрытых от непосредственного восприятия свойств и особенностей изучаемого объекта или его фрагмента.

Идеографические знаковые системы – формы предъявления информации принципиально иного характера, чем пиктографические. Образы, формируемые на основе идеограмм, имеют иную

психологическую природу, они по своему содержанию ближе к понятиям, чем к конкретным представлениям, и в этом смысле сближаются со словом как носителем или знаком, «биркой» понятия. Идеологические знаковые системы – не что-то вроде вспомогательного средства, обличающего усвоения словесных знаний об объекте, что в ряде случаев позволяет более точно и экономно описывать процессы и явления и во многом облегчает их понимание.

1. График.

Под графиком обычно понимают совокупность определённым образом организованных линий, выражающих количественную зависимость взаимосвязанных величин. Строится он в декартовой системе координат, на осях которых нанесены шкалы. Линии, обычно называемые параметрическими, наносятся на поле графика таким образом, что каждой точке соответствуют конкретные значения переменных представленных на шкалах соответствующих координатных осей. Точки, по которым строится параметрическая линия, называются параметрическими. Графики, как форма предъявления информации имеют по сравнению с другими формами ряд особенностей. Они дают возможность наглядного восприятия разного рода функциональных зависимостей, в том числе и таких, которые принципиально невозможно наблюдать визуально; по характеру изменения одной величины здесь можно прогнозировать характер изменения другой, что в некоторых случаях очень важно, особенно когда в интересующем процессе есть какие-либо критические точки, требующие особой фиксации внимания, в некоторых случаях дают возможность точно экстраполировать характер поведения параметрической линии.

Наибольшее распространение в научной и технической литературе получили графики с параметрическими линиями в виде прямой, кривой с различным числом изгибов и разным направлением выпуклости, в виде прямой ломаной линии соединяющей параметрические точки.

Количество параметрических линий может быть от 1 до 8 (в некоторых случаях до 50). Подчас используются графики, имеющие кроме двух основных шкал – ось ординат и ось абсцисс – ещё и дополнительные. Шкалы могут быть различного типа и иметь разные масштабы. Наиболее употребительные типы масштабов – арифметический и логарифмический.

Проводились психологические исследования с целью определения особенностей влияния на восприятие графиков (и по возможности получения количественных характеристик) таких переменных, как количество параметрических линий, степень их сложности, наличие или отсутствие координатной сетки, тип масштаба шкал.

Анализ, проведённый по критерию эффективности, учитывающему среднее время считывания, процент правильных решений, среднее квадратичное отклонение ошибок, а также среднее квадратичное отклонение времени даёт следующую картину:

координатная сетка (при всех прочих равных условиях) повышает эффективность графиков примерно на 30,11 %;

арифметический масштаб по сравнению с логарифмическим, (при всех прочих равных условиях) повышает эффективность графиков на 219,34 %;

наибольшая эффективность у прямых параметрических линий, затем идут ломаные, дальше – кривые;

наибольшей эффективностью обладают графики с одной параметрической линией, затем с пятью, потом с тремя.

Таблица 1.5

Критерии эффективности графиков.

| | | |
|--------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| самая эффективная группа графиков | арифметический масштаб | координатная сетка |
| следующая | арифметический масштаб | без координатной сетки |
| следующая | логарифмический масштаб | координатная сетка |
| наименее эффективная группа графиков | логарифмический масштаб | без координатной сетки |

Многочисленные исследования показали, что визуальное прослеживание некоего параметра по горизонтали более эффективно, чем по вертикали – первое более привычно для человека. Это, видимо, связано с навыками чтения или с филогенетически обусловленными особенностями развития навыков зрения.

Общепризнанных нормативов для выбора масштабов нет. И всё же можно, правда, в самой общей форме сформулировать основные требования: масштаб должен быть настолько общим, чтобы была возможность свободно различать существенные для данного графика зависимости, но не в такой мере большим, чтобы «выпячивать» несущественные количественные или качественные его характеристики.

2. Гистограмма.

Гистограммой обычно называют график, построенный таким образом, что параметрические точки в нём обозначены верхней (или правой) частью прямоугольников, имеющих основанием соответственно ось абсцисс или ординат. Гистограммы применяют в тех случаях, когда на одной из осей – или на обеих – отложены дискретные величины.

Семиотический анализ гистограмм показывает, что их информационные возможности меньше, чем у графиков. Например, затруднительно построить гистограмму с большим количеством столбцов. Такие гистограммы, кроме того, теряют своё основное преимущество – наглядность – и трудно воспринимаемы. Трудно построить круговую гистограмму с логарифмическим масштабом шкал. К тому же такая гистограмма, вероятно, будет представлять собой неистощимый источник ошибок считывания. Обратим внимание, что информационная операция считывания психологически представляет собой единый перцептивно – мыслительно – мнемический процесс, обычно с превалированием удельного веса перцепции, восприятия.

С целью, определения особенностей считывания гистограмм различных типов, проводились психологические исследования.

В качестве экспериментального материала использовались специально сконструированные столбиковые (вертикальные и горизонтальные), полифакторные, сложные и круговые гистограммы. Испытуемые по признаку наличия – отсутствия опыта работы с гистограммами делились на две группы. Одну составляли студенты-гуманитарии, вторую – дипломированные инженеры.

Оказалось, что для первой группы испытуемых наименьшее время необходимое для восприятия сложной гистограммы и полифакторной (трёх столбиковой и столбиковой со штриховкой) – соответственно: 1348, 1351 и 1356 мс; наибольшее – для восприятия круговых гистограмм (2123 мс).

Для второй группы испытуемых, имеющих профессиональные навыки работы с гистограммами, наиболее трудными для восприятия оказались опять-таки круговые гистограммы (1683 мс).

По всему массиву экспериментальных гистограмм среднее время считывания для первой группы испытуемых составляет 1555, для второй – 1265 мс. Таким образом, как и следовало ожидать, подтвердилось положительное влияние профессиональных навыков на восприятия гистограмм. Но вне зависимости от наличия или отсутствия таких навыков гистограмма как форма предъявления идеографической информации «навязывает» определённую последовательность, алгоритм рассматривания: испытуемые вначале осматривают координатные оси (находят и считывают нужные им значения), и лишь после этого переводят взор на саму гистограмму.

По критерию эффективности в среднем для испытуемых, имеющих и не имеющих опыт работы с гистограммами, последние в порядке увеличивающейся трудности распределяются так: столбиковая, полифакторная, сложная, круговая. Причём столбиковая вертикальная и горизонтальная не имеют практически ощутимых отличий. То же можно сказать и о полифакторной, и сложной гистограммах.

3. Диаграмма.

Диаграмма – графическое построение, наглядно показывающее соотношение между различными величинами. Как правило, она не имеет осей с нанесёнными на них шкалами. На диаграмме каждая величина представлена прямолинейным отрезком, геометрической фигурой (прямоугольником, кругом или более сложным геометрическим построением), обычно с числовой, вербальной или при помощи условных знаков индикацией.

Семиотический анализ диаграмм показывает, что они как форма предъявления информации выполняют почти все функции, выполняемые гистограммами. Однако отсутствие координатных осей с нанесёнными на них шкалами как бы лишают диаграммы «общего знаменателя», т. е. значение о длине алфавита, диапазоне возможных изменений параметрических точек. Индикация параметрических столбиков, секторов диаграмм несёт более определённую, однозначную информацию (по сравнению со считыванием соответствующих значений со шкал гистограмм), что семиотически приближает диаграммы к таблицам. Но психологически они остаются резко различными ввиду значительного «наглядного потенциала» диаграмм и почти отсутствия его у таблиц.

С целью определения особенностей восприятия различных типов диаграмм также проводились психологические исследования. Варьировались следующие переменные: тип диаграммы – столбиковая, ленточная круговая; фактура параметрических элементов (столбиков, секторов и др.) – белая заштрихованная, затушёванная в чёрный цвет; тип нанесения буквенно-цифровой индикации – на поле параметрического элемента, вынесенного за контуры этого поля; характер взаиморасположения параметрических столбиков – без зазора между ними, с малым с большим зазором (примерно на треть ширины столбика). Эти типы диаграмм и указанные переменные практически исчерпывают вариации диаграмм, применяемых в литературе.

Как и предыдущим случае, испытуемых можно было разбить на две группы по признаку наличия – отсутствия профессиональных навыков в работе с диаграммами. Обработка массива экспериментальных данных преподнесла своеобразный сюрприз: восприятие всех видов диаграмм требовало у обеих групп испытуемых практически одинакового времени. Так как время восприятия (считывание показаний) диаграмм в данном контексте означает интегральный показатель меры субъективной трудности задания, отсюда следует одно из двух: либо в случае восприятия диаграмм сформировавшиеся ранее навыки каким-то загадочным образом эминуются (что мало вероятно), либо обе группы испытуемых имели примерно одинаковую степень выработки таких навыков. Последнее означает ошибочность апресорной установки об отсутствии навыков в работе с диаграммами у гуманитариев. И в самом деле, не представляет собой формы предъявления информации, «специализирующейся» исключительно на фиксации и передаче научно-технических знаний. Более того, диаграммы редко выполняют эту функцию. Они чаще встречаются в массовых изданиях политических, агитационно-пропагандистского, рекламного и подобного характера, рассчитанных на массового читателя. Поэтому гуманитарии не реже (если не чаще) имеют с ними дело, чем инженеры. Это, по-видимому, наиболее вероятное объяснение экспериментально выявленной неожиданности.

Наименьшее время для восприятия требуют столбиковые диаграммы (780 мс), несколько больше – ленточные (816 мс) и наибольшие – круговые (916 мс). Если сравнить весь массив диаграмм со штриховкой и без неё, последние имеют явное преимущественно: среднее время восприятия составляет соответственно 859 и 782 мс. Некоторое преимущество по критерию эффективности имеют диаграммы с индикацией на изображение по сравнению с вынесенной. Среднее время считывания здесь соответственно 805 и 817 мс.

Диаграммы в прямом контрасте имеют незначительное преимущество перед диаграммой в обратном.

Величина зазора или его отсутствия в столбиковых диаграммах показывает статически незначимую временную разницу восприятия.

Для увеличения эффективности диаграмм необходимо обращать самое серьёзное внимание на форму исполнения и локализацию индикации. Наибольшее количество фиксаций взора и

наибольшая их длительность приходится именно на элементы индикации. Другими словами, индикация диаграмм (как, кстати, и шкалы графиков и гистограмм) должна быть максимально читаемой. Это означает, что числа, вербальные, буквенные или условно-знаковые обозначения должны иметь достаточные высоту и толщину обводки, хорошо контрастировать с фоном, на котором они нанесены, иметь по возможности, горизонтальную ориентацию, начертание цифр должно быть таким, чтобы их было трудно спутать, числа нужно отделять друг от друга достаточно большим зазором.

4. Таблица.

Таблица – свод числовых (иногда буквенных) данных, расписанный по графам (столбикам) и строкам. Таблицы бывают однонаправленные, например, таблицы простых или случайных чисел; двунаправленные, например, таблица значений коэффициента линейного расширения в зависимости от температуры; многонаправленные, выражающие сложные функциональные зависимости, например таблица показательных гиперболических и тригонометрических функций для определённого диапазона аргументов.

Семиотический анализ, основанный на рассмотрении сущностных особенностей графиков и таблиц с точки зрения их информативных возможностей показывает следующее.

Таблицы и графики (гистограммы, диаграммы) взаимно трансформируемы, инверсны в том смысле, что всю информационную ёмкость таблицы можно представить в виде графика. Но здесь необходимо оценивать, допустимо ли дискретный, прерывный по структуре характер информации, которым отличаются таблицы, представлять в некотором виде, характерном для графиков, и наоборот. Тот факт, что при переводе таблицы в форму графика (гистограммы, диаграммы) параметрическая линия в ряде случаев проводится не через все полученные в процессе такого перевода точки, а строится при помощи методов графической интерполяции, не должен вызывать сомнений в принципиальной взаимной инверсности таблиц и графиков (гистограмм, диаграмм).

В то время как таблицы отражают лишь отдельные факты, составляющие дискретный ряд, причём среди этого ряда возможны и случайные величины, то, графики содержат, как правило, усреднённую информацию, во многом случайные выбросы, нивелирующую случайные выбросы, более правильно отражающую «генеральную линию» процесса, перехода и именно поэтому более прогностичную. При переводе информационной ёмкости графика в форму таблицы в последний граф будет на одну больше, чем параметрических линий на графике. И наоборот, при переводе информационной ёмкости таблицы в форму графика количество параметрических линий в нём будет на единицу меньше количества графов таблицы. Что касается сравнительных достоинств графиков и таблиц, то главные из них такие: операция интерполирования при считывании показаний графиков выполняется значительно более простым методом, чем при считывании значений таблиц – методом визуальной оценки; таблица даёт более точные, чем график, показания, графики дают более наглядную по сравнению с таблицами информацию; если возможности внутренней инверсности графика определяются выбранными масштабами его шкал, то в случае таблиц, особенно содержащих более чем одну функцию, обеспечение такой же возможности внутренней инверсии, какой обладает график в отношении степени дробности этой инверсии, вызывает необходимость построения дополнительных таблиц, обратных первым, что безусловно является отрицательной стороной таблицы как формы представления информации.

Проводились психологические исследования с целью определения некоторых временных и точностных характеристик считывания информации с таблиц с тем, чтобы сравнить их с аналогичными характеристиками других форм предъявления информации, в первую очередь с графиками, пиктограммами и диаграммами.

В исследованиях по определению сравнительной эффективности графиков использовались графики с одной, тремя и пятью параметрическими линиями; согласно сказанному выше им по информативной ёмкости будут соответствовать таблицы с двумя, четырьмя и шестью функциями (каждая из них в таблицах представлена отдельной графой). При этом диапазон значений

аргумента и функций таблиц должен быть идентичен величине поля шкал графиков. Кроме того, характер экспериментальных таблиц соответствует типичным для употребляемых в научной технической литературе.

На основе анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы:

Зависимость количества ошибок от количества граф в таблице не обнаружена.

Увеличение количества граф от двух до четырёх повышает время считывания на 22,5 %, от четырёх до шести – на 66,8 % (без учёта интерполяции).

Интерполяция вызывает в среднем по всем экспериментальным таблицам 28,53 %, интерполяция с инверсированием – 20,33 % ошибочных ответов.

Интерполяция увеличивает время считывания в 15 раз по сравнению со временем считывания без неё, а интерполяция с инверсированием – в 20,2 раза.

Дисперсия по времени, наибольшая при выполнении интерполяции без инверсирования (9893,54).

Дисперсия ошибок наибольшая в случае инверсирования без интерполяции в таблице с шестью графами (3,62).

Средний критерий эффективности задач на считывание показаний таблиц без интерполяции составил 340,23, с интерполяцией – 0,051, с применением интерполяции и инверсирования – 2,52.

Средний критерий эффективности всех трёх экспериментальных таблиц – 170,75.

При любом количестве граф в таблице, человек одновременно работает лишь с двумя. Остальные графы, хотя и находятся в сенсорном поле, фактически в процессе считывания показаний таблиц не участвуют, возможно, создавая лишь «зрительный шум».

Учитывая низкую эффективность операций интерполирования, желательно в тех таблицах, в которых эта операция должна выполняться, предусмотреть дополнительные графы, содержащие обратные основным функции или совсем отказаться от представления информации в табличной форме, заменив её, например, графиком. Интересно сравнить выводы эксперимента с исследованием графиков.

Среднее время считывания показаний графиков – 2,73 с. Аналогично для таблиц – 7,01 с. Таким образом, на считывание показаний таблицы уходит в 2,58 раза больше времени, чем на считывание значений графиков. Средняя относительная ошибка при считывании показаний графиков – 0,0444, а аналогичная величина при считывании показаний таблиц – 0,01.

Средний критерий эффективности по всем 36 экспериментальным графикам составляет 200,32, а по всем экспериментальным таблицам – 170,753.

Общий вывод: по критерию эффективности графики в 1,173 раза превосходят таблицы или, что то же, эффективность графиков на 17,32 % выше, чем таблиц.

Итак, при выборе между таблицей и графиком, как формами передачи одного и того же содержания, целесообразно руководствоваться следующими соображениями, вытекающими из исследования. Если главная цель документа – наглядно показать общий характер того или иного процесса или общую картину изменения функционально связанных величин, предпочтение следует отдать графикам. Если главная цель документа – доведение до читателя документальных строгих данных, целесообразно использовать таблицы. Если цель документа – дать читателю наглядное представление о характере процесса и обеспечить возможность считывания конкретных данных с удовлетворительной точностью, лучше применять график. Если предполагается выполнение интерполирования и интерполирования с инверсией, то таблице следует предпочесть график – на нём эти операции проводить легче.

5. Формула.

Под формулой обычно понимают общее формализованное определение какого-либо правила, отношения, закона, структурной схемы вещества и т. п., применимое в определённых условиях ко всем частным случаям, выраженное числами или буквами (или тем и другим) и соединённое математическими знаками и символами.

Семиотический анализ преимуществ и недостатков формул позволяет сделать такие выводы.

Формула, как правило, имеет значительно, большую информативную ёмкость, чем, скажем, таблица или номограмма, поскольку она более универсальна. Универсальность формулы, разумеется, не безгранична, – она имеет чётко очерченный диапазон применимости. Степень наглядности формулы и таблицы примерно одинакова, но степень «наглядности» формулы определяется уровнем математической подготовки студента, а требования к подготовке студента при восприятии таблиц значительно меньше.

Наглядность, как таблиц, так и формул не непосредственна, она продукт аналитической работы мышления.

Важное достоинство формулы – сравнение с таблицей – то, что она может быть включена в другие математические выражения, и операции над ней производятся с помощью хорошо разработанного математического аппарата.

Существенный недостаток формулы по сравнению с таблицами тот, что формула способствует образованию иллюзий непрерывности функциональной зависимости – даже в тех случаях, когда её нет. В смысле удобства инверсности таблицы и формулы примерно одинаковы, равноценны. Но формулы в этом отношении более инерционны, т. е. для производства инверсирования при вычислении по формулам приходится выполнять больше логических и математических преобразований, чем при вычислении по таблицам.

Действие интерполирования при вычислении по формулам неразлично с действием нахождения основных (не промежуточных) данных, в то время как при вычислении по таблицам интерполирование часто сопряжено с выполнением дополнительных математических операций.

Количество граф таблицы равно количеству переменных в формуле.

Для получения количественных и качественных зависимостей проводились исследования.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы.

Увеличение в формуле числа переменных от двух до четырёх вызывает увеличение количества ошибок на 125, от четырёх до шести – на 533,3 %.

Увеличение числа переменных от двух до четырёх вызывает увеличение времени на 27,45 без действия инверсирования и на 321,7 % с учётом инверсирования, от четырёх до шести – на 225,9 без действия инверсирования и на 239 % с учётом инверсирования.

Процесс инверсирования по всем экспериментальным формулам вызывает в среднем увеличение количества ошибочных решений на 96,6 %.

Дисперсия по времени и дисперсия ошибок наибольшая при вычислении по формуле с шестью переменными и при выполнении инверсирования.

Средний критерий эффективности всех трёх экспериментальных формул составил 1,466.

Практический вывод: в изданиях, предназначенных для постоянного пользователя (типа справочников), не рекомендуется приводить громоздкие формулы, особенно с большим количеством переменных; их лучше заместить, если это допустимо, таблицами или графиками, номограммами. В остальных случаях использование формул предпочтительнее.

Интересно сравнить результаты трёх наиболее употребляемых форм идеографической информации: графиков, таблиц и формул.

По результатам экспериментов с таблицей среднее время считывания показаний без выполнения интерполяции составляет 7,04 с, а аналогичная величина при вычислении этих значений по формуле равна 144,87 с.

Таким образом, на вычисления по формулам уходит в 20,58 раза больше времени, чем на считывание показаний таблиц. При считывании показаний таблиц с выполнением интерполяции (или интерполяции с инверсированием) это время составляет 130,31 с, при вычислении по формулам – 284,83 с, т. е. в 2,11 раза больше. По критерию эффективности таблицы в 116,4 раза превосходят формулы, но не позволяют анализировать существенные закономерности.

6. Номограмма.

Это особое графическое построение, с помощью которого по оговоренным правилам можно без вычислений получать решение уравнений (формул), для которых номограммы специально построены.

Номограммы можно применять не только для вычислений, но и для исследования положенных в их основу функциональных зависимостей. С помощью номограммы можно выявить влияние одних параметров на другие, исследовать экспериментальные данные и даже обнаружить ранее неизвестные особенности функциональных зависимостей.

Коротко говоря, номограмма – это геометрическая модель формулы, приспособленная для решения последней при помощи простейших геометрических процедур, обычно схематически изображаемых на самом поле номограммы и называемых её ключом.

Для одной и той же формулы можно построить различные номограммы, что, кроме прочего, в значительной мере определяет точность производимых по ним вычислений.

Главной целью исследования стало сравнение по критерию эффективности формул и номограмм и определение психологических особенностей работы студентов с последними. Трудность формул, и номограмм оценивалась по количеству элементарных операций. В процессе эксперимента анализировались также особенности пользования ключом номограммы.

Испытуемые условно разделялись на три группы по признаку полноты и глубины математической подготовки. В первую группу вошли студенты психологического отделения, во вторую – мехмата, в третью – факультета автоматики и телемеханики.

Исследование состояло из двух серий. В первой испытуемым предъявлялись для решения экспериментальные формулы (каждому в случайном порядке). Во второй (также в случайном порядке для каждого) – номограммы, являющиеся аналогом формул из первой серии. В обеих сериях конкретные задания выдавались напечатанными на карточках ватмана, которые устанавливались на столе «перед глазами» испытуемого. Ошибкой считали результат, выходящий за пределы $\pm 7,5\%$ истинного значения.

Из 14 экспериментальных формул четыре ни один испытуемый не решил. Три из них

$$uw - u(e^w - 1) - we^w = 0$$

$$t^{u-1} = u \ln(w-1)/(w-t-1)$$

$$x^3 + Ax^2 + Bx + C = 0$$

Четвёртая – самая сложная – не приводится.

Точно так же не всеми номограммами испытуемые могли воспользоваться. Из 19 экспериментальных номограмм две имели настолько сложные структуры и ключ, что студенты не смогли научиться их применять, перепутывали шкалы, производили реверсивные промежуточные действия и т. п. Средний критерий эффективности формул с двумя переменными составил 5,37; с тремя 3,93, с четырьмя – 0,9. Критерий эффективности в случае номограмм – соответственно 72,37; 83,5; 32,4. Другими словами, с увеличением в формуле количества переменных с двух до трёх средний критерий эффективности понижается на 27, в номограмме – на 88,6 %. С увеличением в формуле числа переменных с трёх до четырёх он понижается на 77, в номограмме – на 61,2 %. То есть с увеличением количества переменных средний критерий эффективности формул понижается быстрее, чем в случае номограмм.

Средний критерий эффективности для всего массива экспериментальных формул составил 1,41, а номограмм – 109,8. Эксперимент показывает, что номограммы несколько (совсем незначительно) проигрывают перед формулами в точности, но значительно выигрывают в скорости решений. Характерно также, что задания, которые ни один из испытуемых не смог решить по четырём упоминавшимся формулам, успешно решались ими с помощью соответствующих номограмм.

При работе с номограммами по группам испытуемых высокий критерий эффективности показали студенты механико-математического факультета, ниже – факультета автоматики и телемеханики, самый низкий – студенты-психологи. Анализ экспериментального массива данных

обнаружил на первый взгляд парадоксальную картину: производительность труда студентов, понимается как количество выполненных в единицу времени элементарных операций, оказалась значительно выше при работе с формулами, чем при работе с номограммами. Так в среднем при решении формул студенты показали производительность 20,1 элементарных операций в минуту, а при работе с номограммами – всего лишь 10,01, т. е. в два раза меньше. Однако впечатление парадокса исчезает, если учесть, что нахождение решений в случае формул требует неизмеримо большего количества элементарных операций, чем решения по номограмме.

Самую высокую производительность при решении формул показали студенты мехмата, а при работе с номограммами – факультета автоматики и телемеханики. Это, вероятно, можно объяснить профессиональной направленностью: Если первые, как «чистые» математики, преимущественно имеют дело с аналитическими решениями, то вторые – будущие инженеры – чаще сталкиваются с чертежами, графиками, теми же номограммами.

Наиболее низкую производительность и в первом и во втором случаях показали «гуманитарно-ориентированные» студенты психологи.

Эти результаты полностью применимы к обучению студентов и специалистов как ориентированных на технические решения, так и информационного или управленческого профиля, поскольку особенности восприятия копируют указанные шаблоны.

Основываясь на результатах проведённого экспериментально психологического исследования, сформулируем некоторые имеющие практическое значение рекомендации.

Если формула по сложности манифестаций своих переменных допускает сравнительно быстрое (и с малой вероятностью грубых ошибок) решение и если количество переменных не больше четырёх, то применение номограмм не целесообразно. Их использование в этом случае может быть оправдано для прикидочных расчётов или когда нужно быстро убедиться, что решение, полученное по формуле верно.

Есть смысл, строить (и применять) номограммы для формул, имеющих не более шести – семи переменных. При большем их количестве резко снижается точность решения и возрастает длительность поиска ответа. Возможно, в таких случаях есть смысл номографировать формулу по частям.

Наиболее целесообразно строить специализированные номограммы для формул с двумя – тремя переменными, когда диапазон возможных изменений переменных невелик. В этом случае, особенно если построить номограмму в большом масштабе, она покажет своё основное преимущество – быстроту получения ответа при приемлемой его точности. Особое внимание следует обратить на то обстоятельство, что хотя рассмотренные идеографические формы предъявления семантической информации и взаимотрансформируемы (правда, трансформация номограммы в формулу не столь очевидна, особенно в случае сложных номограмм – аналогов формул с четырьмя и более переменными), что практически означает возможность выбора формы предъявления одной и той же информации, но на такой выбор накладывается ряд условий и ограничений, правильный учёт которых обеспечит выбранной форме информативность. Главнейшее из таких условий – это особенности адресата информации и характер его деятельности с ней, т. е. что он будет с ней делать, зачем она ему нужна.

1.3. ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБУЕМОЙ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ КАНАЛА СВЯЗИ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ, ГОЛОСА И ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯ.

1.3.1. Функциональные аспекты пользовательского интерфейса мультимедийных обучающих средств.

Пользовательские интерфейсы мультимедийных обучающих средств должны соответствовать определенным требованиям. Ниже приводится ряд рекомендаций, на которые разработчики должны обращать своё внимание:

- 1) Не следует помещать в главное меню пункты, срабатывающие сразу после нажатия.
- 2) Действия следует делать обратимыми.

- 3) Всегда следует предоставлять отмену (undo).
- 4) Всегда следует предоставлять запасной выход.
- 5) Необходимо предлагать пользователю постоянные, наглядные подсказки.
- 6) Необходимо стремиться к единообразию интерфейса в подсистемах (частях программы).
- 7) Необходимо обеспечивать защиту работы пользователя.

Матричные структуры зависимого анализатора предпочитают воспринимать геометрические фигуры типа круг, крест, квадрат. Этот врождённый механизм позволяет всем индивидуумам осуществлять семантическую обработку наиболее значимой информации молниеносно и всегда бессознательно. На основе этого алфавита иконических знаков, закреплённого эволюционно, формируется персонифицированный внутренний мир понятий, важных для восприятия пространства. Иконические знаки древней символики, такие как черта, крест, круг, квадрат, по существу являются готовым инструментом для гармонического деления пространственно воспринимаемых форм.

Для европейцев характерно читать слева направо, благодаря этой моторно закреплённой привычке глаза человека и по экрану движутся также. Как результат, левая часть экрана воспринимается связанной с прошлым, с тем, что уже было прежде. Правая часть экрана связана с будущим, с завершением. Середина же ассоциируется с текущим моментом.

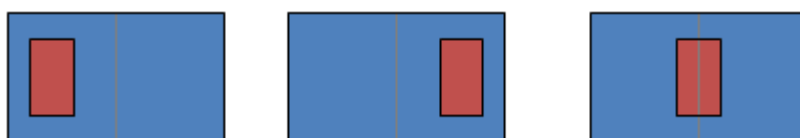


Рис. 1.3. Вертикальное деление экрана.

Смещение акцента влево от середины будет восприниматься как навстречу зрителю. Нагруженная левая часть создаёт ощущение движения вспять, в прошлое, навстречу «нормальному» ходу событий. Перенос центра масс в левую часть экрана может вызвать иллюзию вращения композиции против часовой стрелки. Нагруженная правая часть экрана воспринимается как «убегание» от зрителя в пространстве или устремлённость в будущее – во времени. В любом случае такой вариант композиции трактуется как девиз «Вперёд!». Массивная правая часть может создать иллюзию вращения по часовой стрелке.

Акцент на середину экрана сосредоточивает внимание на текущем моменте и воспринимается как «здесь и сейчас». Горизонталь, проходящая по середине экрана, отождествляется с линией горизонта, когда человек стоит на горизонтальной поверхности, а его взгляд параллелен.

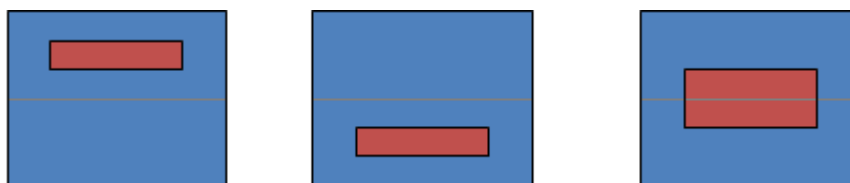


Рис. 1.4. Горизонтальное деление экрана.

Преобладание массы в верхней части экрана создаёт впечатление неустойчивости, смутной угрозы, эмоциональное ощущение напряжённости. Объяснение этого эффекта заключается в подсознательном опасении, что нависающая над головой масса может обрушиться. В этом смысле традиционный интерфейс Windows неудачен: перегруженная меню и панелями инструментов верхняя часть экрана создает дополнительную нервозность у пользователя.

Массивная же нижняя часть экрана, наоборот, даёт ощущение статичности, основательности, надёжности и стабильности.

Размещение центра масс посередине экрана вызывает ощущение сбалансированности,

уравновешенности, усреднения. Словесные выражения, соответствующие такому положению «здравый смысл» или «обыденная повседневность». Вертикаль при отсутствии членений воспринимается как нечто несоизмеримое, бесконечное, лёгкое, устремлённое ввысь, если она имеет утолщения в нижней части или стоит на горизонтальном основании – как нечто более устойчивое. Горизонталь ассоциируется с надёжностью, стабильностью.

Диагональ символизирует динамику. Наиболее мощное и энергичное движение передаёт диагональ «из угла в угол». Чем ближе к прямому углу между диагональю и горизонтальным основанием, тем более резкое и порывистое движение она передаёт. Приближение к вертикали делает этот рывок всё короче, судорожнее сближал его с напряжённым стоянием вертикали. Сближение же с горизонталью передаёт движение более протяжное, медленное и спокойное.

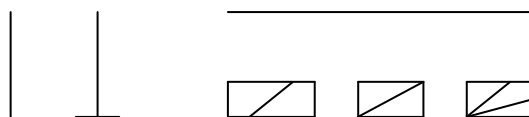


Рис. 1.5. Пример расположения диагоналей.

Соответственно композиция, построенная на чётких горизонталях и вертикалях, тяготеет к устойчивости, статичности, торжественности, а композиция, базирующаяся на диагоналях – к движению, изменчивости, нестабильности. Горизонтальная композиция будет выглядеть более основательной, тяжеловесной, чем вертикальная. Справедливость этого утверждения в большой степени зависит и от соотношения сторон прямоугольника, и от размещения текста в рамках.

Существуют некоторые правила, регулирующие плотность расположения данных на экране с помощью интервалов:

- оставлять пустым приблизительно половину экрана;
- оставлять пустую строку после каждой пятой строки таблицы;
- оставлять 4 или 5 пробелов между столбцами таблицы.

Удобочитаемость.

Рекомендуется избегать размещения текста на сером фоне. Раньше считалось, что сочетание чёрного на белом фоне воспринимается лучше всего, однако современные исследования показали, что оно стоит только на четвёртом месте по удобочитаемости. По степени ухудшения восприятия цветовые сочетания располагаются следующим образом:

- 1) синий на белом,
- 2) чёрный на жёлтом,
- 3) зелёный на белом,
- 4) чёрный на белом,
- 5) зелёный на красном,
- 6) красный на жёлтом,
- 7) красный на белом,
- 8) оранжевый на чёрном,
- 9) чёрный на пурпурном,
- 10) оранжевый на белом,
- 11) красный на зелёном.

Помимо восприятия цветовых сочетаний очень важным фактором в вопросе удобочитаемости является размеры отображаемых знаков. В разделе 4.1, рассматривая основные характеристики зрительного анализатора человека, уже упоминалось о минимальных размерах элементов отображения, сейчас я хочу рассмотреть этот вопрос более подробно.

Для оценки размеров отображаемых знаков пользуются относительной величиной, связывающий линейный размер знака с расстоянием до него. Относительные размеры объекта выражаются, как уже говорилось выше, в угловых величинах. Угловым размером объекта называется угол между лучами, направленными от глаза наблюдателя к крайним точкам наблюдаемого объекта, который определяется по формуле:

$$\alpha = 2 \arctg \frac{h}{2L}, \quad (1.6)$$

где α - угловой размер объекта, h – линейный размер объекта, L – расстояние от глаза до объекта.

Размеры знаков должны соответствовать условиям, при которых можно обеспечить максимальную точность и скорость восприятия информации. На рис. 1.4 приводятся считывание черных букв на белом фоне при минимальной освещенности 160 лк, где область 1 – считывание без ошибок, 2 – считывание с ошибками, 3 – считывание невозможно.

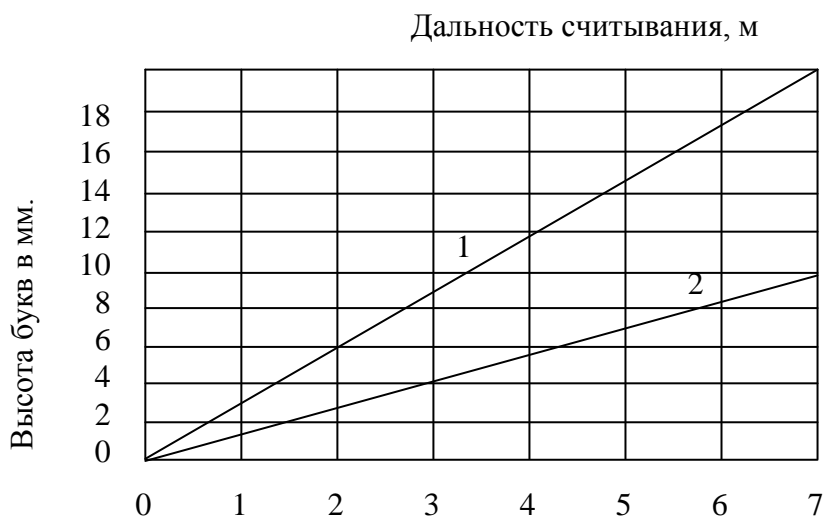


Рис. 1.6. Считывание букв.

Для обеспечения точного и быстрого опознавания цифро-буквенной информации оптимальной размер должен составлять 35 – 40 угловых минут, а знаковый 18 – 20 угловых минут. Исходя из этих рекомендаций и вычисляя угловой размер букв для различных шрифтов по формуле (1.6), L берем приблизительно равным 0,5 м, можно сделать следующий важный вывод: при компьютерном представлении учебных материалов, для эффективной работы с ними учащегося, для избежания сильного утомления зрительной системы, необходимо пользоваться шрифтом, размер которого составляет не менее 14 пт.

1.3.2. Обоснование допустимой задержки при передаче голосовой и зрительной информации.

Задержка при передаче информации является неизбежным следствием ограниченности скорости считывания, обработки и передаче данных по каналам. Если речь идет о высокопроизводительных устройствах ввода, обработки и высокоскоростных каналах передачи данных, проблемы задержки де-факто нет до наступления насыщения системы запросами (оценивание такого момента - отдельная задача теории массового обслуживания). К сожалению, такие условия доступа и обслуживания имеются у небольшого числа пользователей систем дистанционного обучения, поэтому необходимо учитывать существующие реалии - низкие скорости передачи (до 28.8 кбит/сек), относительно высокую цену за трафик. Это накладывает ограничение и на методики дистанционного обучения:

- преимущество отдается сервисам, которыми в значительной мере можно пользоваться в режиме off-line,
- объем перекачиваемых файлов должен быть небольшим, поэтому использование графических компонент уменьшается,
- де-факто передача в режиме видеоконференцсвязи не осуществляется.

Вопросы организации спутниковых каналов рассматриваются отдельно и выходят за рамки обсуждения в данном разделе.

Таким образом, учитывая реальные скорости модемного соединения в большинстве регионов СНГ, актуальная постановка исследования задержек сводится к анализу показателей в следующих случаях:

- передача данных в форматах офисных приложений,
- передача графических данных,
- передача аудиоданных и аудиоконференцсвязь.

Задержка при передаче данных в форматах офисных приложений.

За основу в дальнейшем будет взят текст MS World с вставленными таблицами и графическими элементами. Дело в том, что сама по себе передача баз данных или электронных книг осуществляется намного реже. Поэтому типичные выкачиваемые данные имеют форматы doc, html или pdf разных модификаций. Архивация данных позволяет сократить соответствующий объем, степень компрессии зависит от конкретной ситуации и может варьироваться в широких пределах – от 1,5 до 20 раз. Поэтому рекомендуется для облегчения загрузки учебных материалов предоставлять учащимся опцию «скачать данные в виде одного архива». Наименее эффективна архивация для формата pdf (выигрыш в объеме файла может составлять несколько процентов).

При изложении учебного материала используются различные пиктографические и идеографические знаковые системы, о которых уже говорилось выше в разделе 1.1. Сейчас вид предъявления семантической информации интересен нам в совершенно другом аспекте: насколько насыщенность учебного материала данными объектами влияет на скорость передачи, на время загрузки компьютерного учебного пособия.

Наиболее часто используемыми графическими объектами являются: рисунки, гистограммы, формулы и графики.

Анализируя данные, приведенные в таблице 1.6, можно сделать следующие выводы:

Таблица 1.6.

Время передачи различных графических объектов.

| Вид страницы | Объём, Кб | Среднее время передачи, сек. | Максимальное время передачи, сек. |
|-------------------------|-----------|------------------------------|-----------------------------------|
| Текст (Т) | 3,97 | 1,32 | 9,92 |
| Т + 1 рисунок (р) | 24,71 | 8,23 | 61,77 |
| Т + 2 рисунка | 41,5 | 13,83 | 103,75 |
| Т + 3 рисунка | 58,8 | 19,6 | 147 |
| Т + 4 рисунка | 74,9 | 24,9 | 187,25 |
| Т + 1 график (гр) | 10,99 | 3,66 | 27,47 |
| Т + 2 графика | 17,43 | 5,81 | 43,57 |
| Т + 3 графика | 21,86 | 7,28 | 54,65 |
| Т + 4 графика | 26,16 | 8,72 | 65,4 |
| Т + 1 гистограмма (гис) | 13,05 | 4,35 | 32,62 |
| Т + 2 гистограммы | 23,97 | 7,99 | 59,92 |
| Т + 3 гистограммы | 28,65 | 9,55 | 71,62 |
| Т + 4 гистограммы | 37,52 | 12,5 | 93,8 |
| Т + 1 формула (ф) | 10,81 | 3,6 | 27,02 |
| Т + 2 формулы | 15,15 | 5,05 | 37,87 |
| Т + 3 формулы | 18,65 | 6,21 | 46,62 |
| Т + 4 формулы | 22 | 7,33 | 55 |
| Т + 1 р + 1 гр | 32,2 | 10,73 | 80,5 |
| Т + 1 р + 1 гис | 35,1 | 11,7 | 87,75 |
| Т + 1 р + 1 ф | 31,4 | 10,46 | 78,5 |

| | | | |
|-----------------|-------|------|-------|
| T + 1 гр + 1гис | 19,67 | 6,55 | 49,17 |
| T + 1 гр + 1ф | 16,39 | 5,46 | 40,97 |
| T + 1гис + 1ф | 19,42 | 6,47 | 48,55 |

- если мы имеем среднее качество канала связи, то мы еще можем себе позволить передавать учебный материал с таким количеством графических объектов на web-странице,
- если же качество канала связи плохое, то не следует размещать более одного рисунка, графика, гистограммы или формулы, вставленной в текст как графический объект, на web-странице.

Относительно формул следует сделать следующее важное замечание-рекомендацию: простейшие формулы желательно набирать, не пользуясь редактором формул, тогда они будут фиксироваться как текст и не будут создавать дополнительный объем, редактором формул следует пользоваться только в том случае, когда средства клавиатуры, вставка символов, формат шрифта и другие средства действительно не позволяют набрать необходимую формулу, и без специального редактора уже не обойтись.

В представленной таблице учитываются небольшие по объему графические компоненты. Увеличение объема текста, количества и качества графических объектов приводит к пропорциональному увеличению времени загрузки, что при зашумленных каналах может привести к искажению информации и невозможности ее загрузки с сервера дистанционного обучения.

Анализ поведения человека показывает, что при задержке загрузки более 20 сек практически любой пользователь начинает нервничать и предпринимать какие-то действия. Их сказанного следует, что текст необходимо разбивать на подразделы, загрузка которых укладывается в данный промежуток. В общем случае, желательно, чтобы время отклика было сопоставлено с реакцией человека. Задержку часто можно «спрятать» от пользователя через многозадачность, позволяя им продолжать выполнять другую работу, пока производятся фоновые вычисления.

В любом случае, пользователь должен иметь подтверждение того, что программа не «зависла», а продолжает работать.

Способы уменьшения дискомфорта от задержки передачи данных:

1. Обеспечение сопровождения щелчков на всех кнопках визуальной или звуковой обратной связью в пределах 50 миллисекунд.
2. Изменение формы курсора на песочные часы везде, где действие занимает от ½ до 2 с.
3. Анимированный курсор, не позволяющий думать, что система «умерла».
4. Вывод сообщений, показывающих потенциальную длительность ожидания результата для любого действия, более чем 2 сек.
5. Демонстрация действий длительности с помощью анимированного индикатора.
6. Показ занимающих пользователя сообщений, чтобы он был проинформирован и занят во время ожидания завершения долгих процессов.
7. Привлечение внимания пользователя после завершения длительных (более 10 сек.) задержек визуальной или звуковой индикацией.
8. Необходимо отлавливать повторные щелчки на одной и той же кнопке или объекте, во время длительного ожидания люди иногда нажимают на одну и ту же кнопку дважды, замедляя процесс ещё больше.

Анализ данных табл. 1.6 показывает, что любая экранная страница текста с указанным количеством графических компонент загружается пользователю в приемлемое время на скоростях соединения 28,8 Кбит/с и выше. В то же время при соединении на скорости 9,6 Кбит/с менее 20 с загружаются только самые простые тексты с малым количеством графиков, формул и/или гистограмм. Таким образом, в режиме on-line на такой скорости необходимо разбиение файлов на малые по объему компоненты.

Отдельно необходимо упомянуть навигацию в загружаемых материалах.

Поскольку объем зрительного восприятия составляют 4 – 8 элементов, меню, содержащее число пунктов, не превышающее эти цифры, будет более удобным для пользователей. Сказанное верно и при проведении on-line тестирований, как промежуточных, так и итоговых (зачеты, экзамены).

Задержка при передаче графических данных.

Частично данный вопрос освещен выше, где рассматривалась передача текста со вставленными графическими элементами. Необходимо добавить некоторые простейшие расчеты, которые сведены в таблицу 1.7. Расчеты при различных скоростях сделаны в тех же предположениях, что и для табл. 1.6. В расчетах использованы статистически усредненные данные по материалам, загруженным автором из сети, в том числе с сайтов дистанционного обучения МТУСИ, СибГУТИ и МСЭ. Общий объем статистики по каждому параметру – не менее 250 объектов.

Таблица 1.7.

Время передачи различных графических объектов.

| Вид объекта | Средний объем, Кб | Минимальное время передачи на данной скорости, сек | | |
|-------------------------|-------------------|--|------------|-----------|
| | | 9,6 Кбит/с | 28,8Кбит/с | 56 Кбит/с |
| Фотография ч/б (jpg) | 37,31 | 31,09 | 10,36 | 5,33 |
| Фотография цв. (jpg) | 283,26 | 236,05 | 78,68 | 40,46 |
| Чертеж (jpg) | 72,82 | 60,68 | 20,23 | 10,41 |
| Схема (gif) | 56,27 | 46,89 | 15,63 | 8,04 |
| График простой (png) | 12,73 | 10,61 | 3,54 | 1,82 |
| График сложный (png) | 167,50 | 139,58 | 46,53 | 23,93 |
| Гистограмма (jpg) | 27,08 | 22,57 | 7,52 | 3,87 |
| Диаграмма простая (gif) | 26,11 | 21,76 | 7,25 | 3,73 |
| Диаграмма сложная (jpg) | 174,17 | 145,14 | 48,38 | 24,88 |
| Формула простая | 1,06 | 0,86 | 0,29 | 0,15 |
| Формула сложная | 3,82 | 3,18 | 1,06 | 0,55 |

Результаты таблиц 1.6 и 1.7 различаются существенно. В первой мы оперируем самыми простыми объектами, отводя на рисунок около 20 Кб, на график – около 7 Кб, гистограмму – около 10 Кб и т.д. (это на уровне нижних границ соответствующих статистических данных). Во втором случае используются в том числе более насыщенные и, соответственно, объемные файлы, что приводит к существенному росту времени передачи. В последней таблице также указаны предпочтительные форматы представления данных, минимизирующие объем графических объектов.

Анализ данных табл. 1.6 показывает, что на скорости передачи 56 Кбит/с критична передача цветных фотографий, сложных графиков и диаграмм. На малой скорости 9,6 Кбит/с допустимы только формулы в тексте, да и то – в небольшом количестве. При промежуточной скорости 28,8 Кбит/с задержка существенно более 20с составит при загрузке единичной цветной фотографии среднего разрешения, сложных графиков и диаграмм.

Таким образом, на скоростях соединения ниже 56 Кбит/с при работе в режиме on-line сложные графики и диаграммы в тексте использовать нельзя, цветные фотографии допустимы только небольшого размера. Это надо учитывать при компоновке учебных материалов для предоставления по низкоскоростному соединению.

Задержка при передаче голоса и видео.

Перекачивание аудиофайлов в системе дистанционного обучения (например, при изучении иностранного языка) не очень чувствительно к скорости соединения (в разумных пределах, конечно). Более актуальна проблема задержки при проведении аудио- и видеоконференций. Подробный обзор современного состояния проблемы содержится, например, в последнем номере журнала LAN [9].

С тех пор как технология передачи голоса по IP (Voice over IP, VoIP) привлекла к себе поистине всеобщее внимание, многочисленные производители средств ИТ стали пропагандировать идею «объединенных коммуникаций», под которыми подразумевается сочетание аудио, видео (в реальном времени или потоковая передача – Streaming), систем индикации присутствия (Presence) и других коммуникационных технологий. На самом деле оснащение большинства современных рабочих мест уже вполне достаточное для введения решений начального уровня, таких как Skype или Microsoft Live Messenger, и с их помощью могут предоставить пользователям все базовые функции – от чатов до видеотелефонии. На вершине шкалы качества расположены системы для проведения конференций и решения «телеприсутствия» (TelePresence), с помощью которых на единой платформе по сетям IP можно организовать любые виды коммуникаций, будь то видеозвонки или трансляция дискуссий из конференцзалов. Однако простота телефонии, которую обеспечивает Skype, не должна вводить в заблуждение: при внедрении аудио- и видеоприложений требования к сетевым технологиям совершенно иные.

Основная проблема заключается в том, что аудио- и видеопотоки создают совсем другой профиль нагрузки, нежели традиционные приложения, для которых сети изначально проектировались. Для обычных приложений типичны кратковременные всплески активности с очень большими объемами передаваемой информации, в то время как приложения для коммуникации в реальном времени загружают сеть непрерывным и относительно равномерным потоком данных. Для того чтобы понять все взаимосвязи, полезно еще раз вспомнить об особенностях протокола IP. Поскольку он представляет собой принципиально «ненадежный» протокол, не призванный заботиться о целостности потока пакетов, разработчики дополнили его протоколом контроля передачи (Transmission Control Protocol, TCP), отвечающим за то, чтобы каждый пакет действительно доходил до адресата. Когда какой-то пакет теряется, TCP сообщает отправителю о пропаже, и тот повторяет отправку недостающих компонентов.

При передаче потока данных в реальном времени приходится обращаться к другим механизмам. Программный кодек на стороне отправителя оцифровывает аудио- или видеосигналы и передает их на декодер на стороне получателя, в результате равномерный поток данных формируется в течение всего времени работы приложения. Другая характерная черта потоков в реальном времени – их чувствительность к задержкам: если пакет с данными задержится или потеряется, то сторона получателя сразу отреагирует ухудшением звука или изображения. Даже небольшие сбои при передаче пакетов могут привести к значительному снижению качества.

Видеопотоки производят непрерывную нагрузку.

Из-за такой чувствительности к сбоям при передаче пакетов механизмы TCP оказываются непригодны для улучшения качества отправления. Ведь если бы в случае потока реального времени протокол пытался заново передать недошедшие до адресата пакеты, то из-за задержек на обработку и передачу по сети они всегда прибывали бы с опозданием, отставая от текущих телефонных разговоров или видеоконференций на десятые доли секунды и даже больше. По этой причине приложения реального времени используют в качестве альтернативы TCP протокол передачи дейтаграмм пользователя (User Datagram Protocol, UDP), который обходится без механизмов восстановления.

В связи со сказанным возникает закономерный вопрос: какие же альтернативные методы помогут обеспечить быстроту и надежность потоков данных? Здесь важнейшим механизмом является качество сервиса (Quality of Service, QoS). Речь идет о целом пакете функций, посредством которых обеспечивается приоритет определенных типов данных в сети, таких как

аудио или видео, по сравнению с менее чувствительными к времени передачи элементами, что позволяет реализовать высокое качество передачи. К числу наиболее популярных опций QoS принадлежат приоритетное обслуживание (Priority Queuing), индивидуальная маршрутизация приложений, управление пропускной способностью, а также механизм формирования трафика (Traffic Shaping). Приоритетное обслуживание является наиболее распространенным и поддерживается во множестве сетей, поэтому именно данную функцию мы рассмотрим более подробно.

Качество сервиса.

Приоритетное обслуживание решает проблему формирования очередей, считающуюся главной причиной потерь пакетов и их задержек. В процессе передачи на каждом выходе маршрутизатора или коммутатора пакеты выстраиваются в очереди и обрабатываются в порядке поступления. Как только по сети начинают передаваться большие объемы данных, в этих точках возникают «пробки». Алгоритм приоритетного обслуживания формирует на выходном порту несколько параллельных очередей и отвечает за то, чтобы более важные пакеты с аудио- и видеoinформацией поступали в отдельную очередь и всегда отправлялись раньше обычных пакетов данных.

В некоторых случаях пользователи отказываются от применения QoS, ограничиваясь простым увеличением пропускной способности сети (избыточное оснащение), чтобы избежать потенциально узких мест. Однако этот метод сопряжен с рисками: если принять во внимание уже упомянутую особенность традиционных приложений передачи данных, когда пакеты отправляются отдельными партиями с использованием максимально доступной пропускной способности, то даже при очень высоких скоростях сети существует опасность, что такие пики нагрузки могут помешать потокам данных VoIP и передаче видео по IP.

Реализация систем передачи голоса и видео прежде всего актуальна для корпоративных (закрытых) систем дистанционного обучения, поскольку в этом случае есть возможность настройки сети на обеспечение необходимого QoS.

Реализация QoS в корпоративной сети осуществляется в четыре этапа: сначала внедряются средства QoS в сеть, затем выполняются классификация, а также определение требуемой и доступной пропускной способности и, наконец, обеспечивается управление потребностями.

Внедрение QoS. На этом этапе необходимо убедиться, что выбранный механизм приоритетного обслуживания трафика в реальном времени доступен на каждом коммутаторе и маршрутизаторе в сети. Наиболее распространенные механизмы QoS: IntServ (RSVP), DiffServ, IEEE 802.1p/Q и IP Precedence.

Классификация. Для определения и маркировки потоков данных, обладающих более высоким, по сравнению с другими, приоритетом, при передаче соответствующие пакеты нужно снабдить необходимыми заголовками, чтобы коммутаторы и маршрутизаторы правильно воспринимали их статус. Во многих архитектурах маркировкой пакетов занимаются конечные точки, так что сеть теоретически освобождается от этой задачи. Однако некоторые компьютерные приложения злоупотребляют этим механизмом классификации, чтобы переделать собственные пакеты с более высоким, нежели им полагается, приоритетом. По этой причине не все сетевые компоненты доверяют маркировке конечных точек. Маршрутизаторы часто снабжены встроенными механизмами анализа для распознавания трафика с высоким и низким приоритетом. Предприятиям следует разработать собственные директивы для классификации, тогда оборудование сможет надежно распознавать потоки в реальном времени и будет обращаться с ними соответствующим образом.

Пропускная способность. Определение требуемой пропускной способности — центральный аспект QoS. Поскольку на каждом отрезке сети должна быть обеспечена достаточная пропускная способность, перед внедрением любого решения для видеокommunikации необходимо провести анализ ожидаемого трафика. Для этого существуют различные способы. Если предприятие уже использовало решения для коммуникации в реальном времени, то у него, скорее

всего, имеется информация о количестве проведенных сеансов, о конечных точках соединений, а также о продолжительности этих соединений. Такие сведения позволяют определить максимальные значения объемов данных. Если подобного опыта еще не было, то при планировании следует рассчитать хотя бы приблизительное значение требуемой пропускной способности, к примеру, на основе ожидаемого использования определенных помещений.

Как правило, встречи продолжаются от получаса до часа. При расчете можно воспользоваться так называемыми таблицами Эрланга, которые доступны по адресу <http://www.erlang.com>. Среди инфраструктурных компонентов для видеокommunikаций центральное место занимает конференц-сервер. Так, если в демонстрационном сценарии в одном сеансе связи задействовано 20 конечных точек, то все они должны установить с сервером полнодуплексное соединение. Например, каждая из этих точек получает поток данных со скоростью 1,1 Мбит/с, достаточной для передачи изображения высокой четкости (High Definition, HD), тогда трафик на сервере составит 22 Мбит/с. Если к этой цифре приплюсовать 20%, дополнительные накладные расходы при передаче пакетов по IP (Overhead), то итоговое значение составит 26,4 Мбит/с.

Как только определено, какая пропускная способность требуется для функционирования коммуникационного решения в реальном времени, можно рассчитать необходимую пропускную способность локальной и глобальной сетей. По возможности все клиенты должны располагать полнодуплексным соединением 100 Мбит/с. При планировании глобальной сети следует исходить из того, что поток аудио- и видеоданных никогда не должен превышать 35% емкости соединений, так как начиная с этого значения механизмы приоритетного обслуживания QoS теряют свою эффективность. Обычную загрузку сети традиционными приложениями следует измерить с помощью мониторинговых инструментов, чтобы определить, какая пропускная способность необходима в рабочее время.

Управление потребностями. Если тестирование показывает, что на критических участках сети пропускная способность недостаточно высока для поддержки коммуникации в реальном времени, то существуют три пути решения этой проблемы. Первый — увеличение пропускной способности — для многих сценариев является единственным способом, ведущим к цели. Вторая возможность — ограничение ресурсов для видеокommunikации, что достигается разными способами. Для начала администратор может ограничить параметры передачи. Хорошее качество передачи достигается уже при скоростях от 512 Кбит/с до 1 Мбит/с, а при скорости 256-384 Кбит/с качество все еще останется вполне приемлемым. При использовании современного алгоритма сжатия видео H.264 качество передачи даже при низкой пропускной способности существенно увеличивается (см. врезку «Эффективные и стандартизированные кодеки»).

Следующая возможность оптимизации — ограничение количества одновременно осуществляемых разговоров с помощью соответствующей директивы. Третья опция — сжатие остального трафика данных с помощью соответствующих устройств. В целом действует правило, что в средах с большим количеством незапланированных сеансов в режиме реального

Типичные препятствия для видеокommunikации.

Главными препятствиями при введении аудио- и видеопотоков считаются непригодные компоненты инфраструктуры, прежде всего брандмауэры. Так, брандмауэры прикладного уровня (Application Layer Firewalls) обеспечивают более высокую надежность по сравнению с технологией фильтрации пакетов, однако им требуется больше вычислительных ресурсов. Как следствие, при возрастании объемов данных эти системы не успевают быстро обрабатывать пакеты, из-за чего пропускная способность, необходимая для коммуникации в реальном времени, снижается. Кроме того, следует проверить степень пригодности серверов-посредников и устройств преобразования сетевых адресов (Network Address Translation, NAT).

Интерактивные видеоприложения, как правило, базируются на протоколах H.323 и требуют наличия отдельного контроллера зоны (Gatekeeper), который отвечал бы за распознавание адресов, управление пропускной способностью, а также за авторизацию и аутентификацию пользователей

(см. 3.4). Такой подход предполагает выполнение сложных настроек на брандмауэре для обеспечения требуемого функционала корпоративных приложений. Спектр необходимых мероприятий различен: от изолирования систем в пределах брандмауэра до открытия нескольких портов на устройствах с поддержкой H.323 и IP-туннелирования.

Новые возможности видеокommunikации открываются с внедрением протокола инициирования сеансов (Session Initiation Protocol, SIP), который для прохождения брандмауэра задействует ряд механизмов, известных под названием Interactive Connectivity Establishment (ICE). Стандартизация ICE завершится в ближайшее время, а первые решения с его использованием уже разрабатываются.

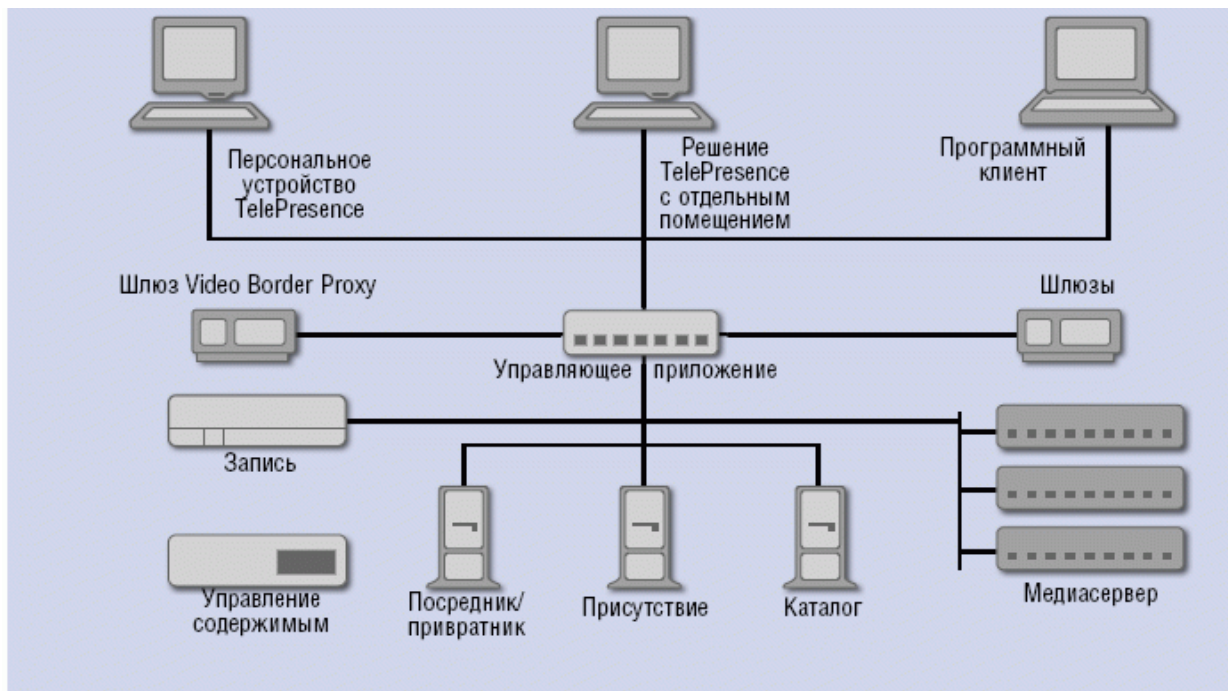


Рис. 1.7. Архитектура для передачи видео по IP.

С точки зрения пользователей, системы для проведения видеоконференций (имя производителя значения не имеет) должны быть такими же простыми, как телефония, независимо от того, каким образом они реализуются – с помощью программного клиента или из специального помещения для TelePresence. Предпосылкой для этого является инфраструктура, базирующаяся на открытых стандартах, например, H.323, и состоящая из специально предназначенных для этого компонентов.

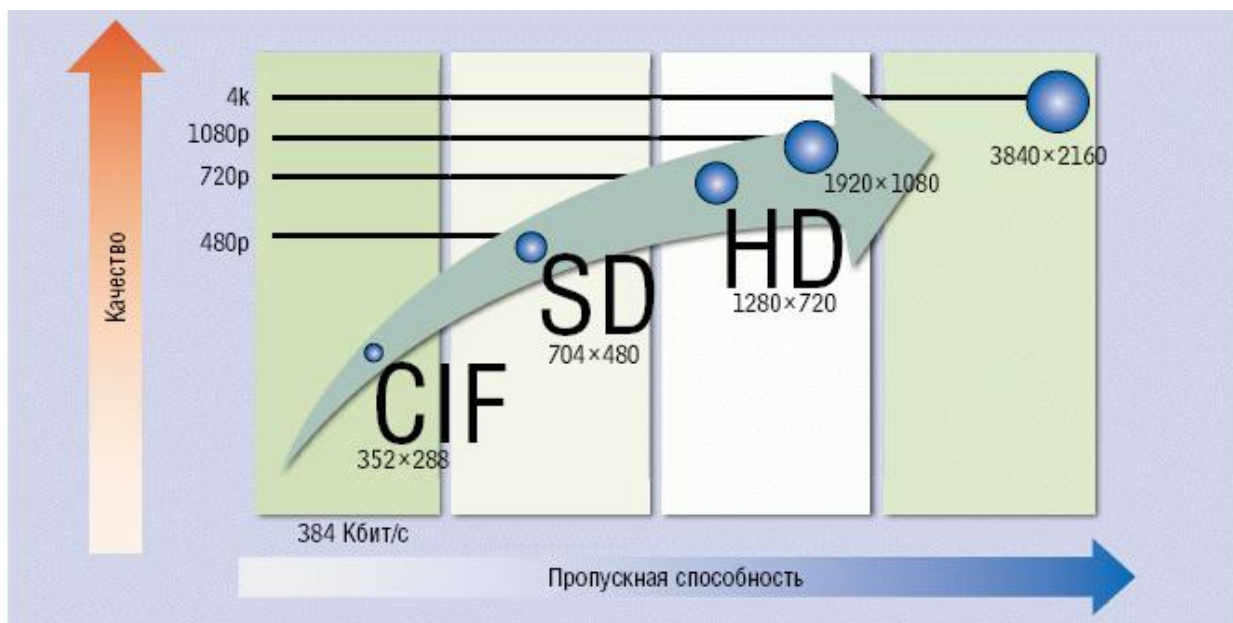


Рис. 1.8. Сжатие видео.

На рис. 1.8 по вертикальной оси откладывается качество изображения, в то время как на горизонтальной оси отображается требуемая пропускная способность. Стандартное разрешение (Standard Definition, SD), примерно соответствующее традиционному телевизионному формату, можно передавать при скорости от 56 Кбит/с. При активном движении в кадре понадобится около 356 Кбит/с.

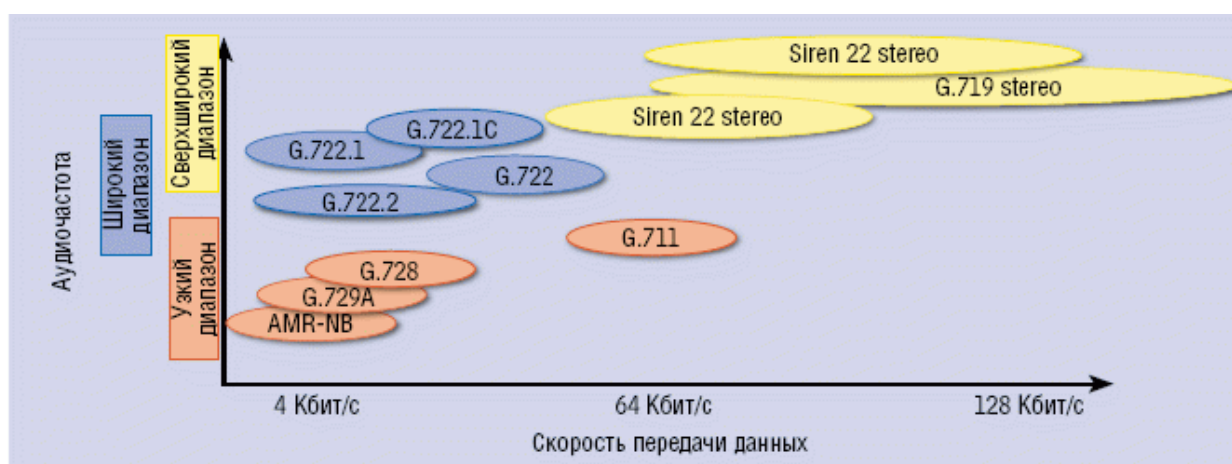


Рис. 1.9 Сжатие аудио.

В зависимости от доступной пропускной способности выбор аудиокодека для видеоконференций делается в пользу узкого или широкого частотного спектра. Новый стандарт G.719 обеспечивает в монорежиме естественное воспроизведение звука с частотой 20 кГц уже при скорости от 32 Кбит/с. Для сравнения: его «прародителю» G.711, воспроизводящему всего 4 кГц, требуется достаточно большая пропускная способность.

Эффективные и стандартизированные кодеки.

Быстрое распространение приложений с поддержкой VoIP и видеокommunikаций было бы невозможно без разработки все более эффективных аудио- и видеокодеков (см. рис. 1.5 и 1.6).

Наиболее известный пример — mp3, обеспечивающий высокое качество звучания при малом размере данных. Появление все новых приложений повлекло за собой целый поток оптимизированных алгоритмов кодирования и декодирования в расчете на самые разнообразные области применения. Некоторые из них, такие как ITU-T G.711, разработаны для телефонных разговоров со средним качеством звука при скромных 64 Кбит/с, в то время как новый кодек H.264 пригоден для передачи видео с высоким разрешением во всех сетях.

В настоящее время существует около 250 аудио- и 730 видеокодеков – данное обстоятельство существенно затрудняет процесс стандартизации в среде объединенных коммуникаций. В попытке обеспечить максимальную совместимость систем и устройств производители стремятся внедрить в свою продукцию как можно больше кодеков, что делает решения излишне сложными: чем больше кодеков поддерживается, тем дольше осуществляется согласование конечных точек, а значит, и построение соединения. К тому же с интеграцией каждого дополнительного кодека возрастают требования к ресурсам памяти на конечных устройствах, что ведет к удорожанию аппаратного обеспечения.

С некоторых пор предпринимаются усилия по снижению количества кодеков для коммуникации в реальном времени. В июне 2008 г. ITU стандартизировала аудиокодек G.719. Его особенность заключается в том, что он кодирует полный спектр воспринимаемых человеком частот – от нуля до 20 кГц и благодаря этому как нельзя лучше подходит для систем конференц-связи и решений TelePresence, ведь вопреки общему мнению именно воспроизведение аудиосигналов оказывает основное влияние на восприятие докладов и обсуждений. Участники конференции практически не замечают недостатки качества изображения, зато аутентичная передача фоновых разговоров и шумов существенно способствует созданию интерактивной атмосферы заседания.

Из ранее созданных кодеков наиболее предпочтительным с точки зрения соотношения качество речи / скорость потока является аудиокодек G.723.1, дающий задержку накопления 30 мс на скорости 5.3 Кбит/с. Психологически приемлемой для человека является задержка не более 200 мс.

1.3.2 Анализ существующих технологий доступа к узлу ДО.

Технология ISDN (Integrated Services Digital Network) реализует возможность передачи по аналоговым телефонным сетям общего пользования данных в цифровой форме. Принципиальная разница ISDN от существующей аналоговой сети заключается в том, что ISDN позволяет организовывать цифровые коммутируемые каналы непосредственно от пользователя к пользователю. Кроме телефонной сети общего пользования та возможности передачи компьютерной информации, ISDN поддерживает такие прикладные услуги, как факсимильная связь, телексная связь и др. Одним из основных принципов ISDN является предоставление пользователю стандартного интерфейса. Технология предоставляет два типа интерфейса - начальный (BRI) и основной (PRI). BRI состоит из двух каналов по 64 Кбит/с и одного канала служебной информации с пропускной способностью 16 Кбит/с. Таким образом, в каждом направлении суммарная скорость передачи данных составляет 144 Кбит/с. Основной интерфейс рассчитан на пользователей с повышенными требованиями к пропускной способности сети. Такой интерфейс поддерживает скорость передачи 2048 Кбит/с для Европы или 1544 Кбит/с для Северной Америки и Японии. К недостаткам технологии ISDN можно отнести незавершенную стандартизацию и, как следствие, проблемы совместимости ISDN-оборудования разных производителей, сложность модернизации центральных коммутаторов, необходимость построения новой цифровой инфраструктуры и большие финансовые вложения на реорганизацию телефонной сети общего пользования, а также сравнительную сложность заказа сервиса.

Рассмотренные особенности технологий ISDN позволяют сделать вывод, что если такая сеть уже существует в рамках телефонной сети общего пользования, то ее использование для доступа к узлу ДО достаточно рационально. Скорость передачи данных, обеспечиваемая технологией, позволяет передавать большинство видов трафика, необходимого при ДО, и подходит для

обучения отдельно взятых удаленных студентов. Но, ISDN имеет ограничения на передачу качественного видео реального времени, что необходимо при доступе к узлу ДО крупных корпораций. Построение сети доступа к узлу ДО на основе ISDN "с нуля" не является финансово выгодным (процедура установки и настройки оборудования достаточно сложная и дорогая).

Технологии xDSL (Digital Subscriber Line) позволяют вести передачу со скоростью, на порядок превышающей скорость в технологии ISDN. При этом передача данных не мешает ведению обычного телефонного разговора, что, безусловно, является одним из преимуществ данных технологий. Но, реализация таких соединений требует наличия специальных xDSL модемов.

HDSL (High-data-rate DSL) представляет собою два модема, которые соединены одной или несколькими кабельными парами. При этом обеспечивается симметричная дуплексная передача цифровых потоков E1. Технология позволяет существенно увеличить длину регенерационного участка и предъявляет менее жесткие требования к переходному затуханию в кабелях. Для передачи сигнала используется одна, две или три пары телефонного кабеля. Сегодня технология HDSL наиболее распространена. Технология SDSL (Single Line DSL) обеспечивает симметричную передачу данных со скоростями E1, но имеет два важных отличия. Во-первых, используется только одна витая пара, а во-вторых, максимальное расстояние передачи не превышает 3 км. В рамках такого расстояния технология SDSL обеспечивает работу системы организации видеоконференции, когда необходимо поддерживать одинаковые потоки передачи данных в обоих направлениях.

Другая популярная технология ADSL (Asymmetrical DSL) обеспечивает асимметричную передачу данных. Такая технология наиболее эффективна, когда пользователь посылает в сеть значительно меньше информации, чем получает. ADSL обеспечивает скорость передачи от пользователя в сеть не больше 1,5 Мбит/с, а в обратном направлении от 1,5 Мбит/с до 8 Мбит/с. Максимальная длина линии связи составляет приблизительно 5,5 км.

Таким образом, технологии xDSL наиболее подходят для организации транспортной сети. Эта технология может использоваться в качестве линий связи уже существующие телефонные каналы и их оборудование значительно дешевле оборудования какой-либо другой транспортной технологии.

Технология Ethernet - наиболее распространенная на сегодня технология сетей доступа. Под Ethernet понимают одну из ее модификаций, но все модификации используют один и тот же метод доступа к среде передачи - метод CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection). Использование технологий Ethernet для организации сети доступа к узлу ДО во многих случаях целесообразно, благодаря широкому распространению технологии, простоте установки, разнообразию физических каналов передачи данных, относительной дешевизны. Для лабораторий, которые находятся вблизи от сервера ДО, возможна организация сети доступа на 10-мегабитном Ethernet. Организация, которая расположена в границах одного здания, может использовать в качестве сети доступа технологию FastEthernet, пропускная способность которой дает возможность организовывать видеоконференции для достаточно большого количества пользователей. Организация передачи с помощью технологии Ethernet высококачественного видео невозможна поскольку отсутствует гарантия качества обслуживания. Технология Ethernet позволяет использовать другие, необходимые для ДО виды трафика.

Технологии АТМ. Технология асинхронного режима передачи (Asynchronous Transfer Mode, АТМ) была разработана как единый универсальный транспорт для нового поколения сетей с интеграцией услуг. Универсальность состоит в возможности передачи в рамках одной транспортной системы компьютерного и мультимедийного трафика, который чувствителен к задержкам, причем для каждого вида трафика качество обслуживания будет соответствовать его потребностям; технология обеспечивает иерархию скоростей передачи данных, от десятков мегабит до нескольких гигабит в секунду с гарантированной пропускной способностью для ответственных приложений; поддерживаются общие транспортные протоколы для локальных и глобальных сетей.

Технология объединяет в себе два подхода - коммутацию пакетов и коммутацию каналов. В АТМ используется 20-байтная адресация узлов и идентификация каждого виртуального канала (идентификатор канала используется только на время соединения). Заказ качества обслуживания реализуется с помощью классов обслуживания, которые качественно характеризуют необходимые услуги по передаче данных через сети АТМ. С точки зрения ДО технология АТМ будет наиболее целесообразна при организации сети доступа к узлу ДО большой территориально разнесенной корпорации, которая использует весь спектр методов ДО. Это связано с тем, что АТМ наиболее приспособлена к передаче разнородного трафика, который генерируется при ДО. Но высокие требования к каналам связи и высокая стоимость технологии создают сложные преграды для реорганизации в АТМ существующих корпоративных сетей.

1.3.3 Определение требуемой пропускной способности канала связи для системы ДО.

На требуемую пропускную способность канала связи влияет большое количество факторов:

1. Объем передаваемого контента - если на главной странице учебного портала повесить картинку объемом 200 КВ, то такая страница будет скачиваться существенно дольше (а передаваемый материал будет занимать существенно большую долю канала) чем в случае ее отсутствия;
2. Используемые мультимедиа компоненты - видеокурс безусловно больше по объему передаваемых данных, чем текстовый курс с иллюстрациями. Курс со звуковым сопровождением в 4-6 раз больше по объему, чем аналогичный курс без звука;
3. Требования к задержке при передаче данных - передача видео в реальном масштабе времени требуют другого канала, чем то же видео, но в записи (его зачатки пользователь может ждать достаточно долго);
4. Количество одновременно работающих пользователей и бизнес требования к решаемым задачам. Например, требуется, чтобы 100 человек в течение 1 часа могли изучить курс или 1000 человек в течение 30 минут сдали по 2 теста и т.п.;
5. Допустимое (комфортное) время ожидания материалов пользователем - для кого-то приемлемо, что сотрудник в филиале будет ждать загрузки курса 30 минут, а кто-то считает это недопустимым;
6. Технология построения используемых (или планируемых к использованию) учебных курсов - курс может закачиваться одним пакетом (например 10МВ flash ролик) или по частям (каждый экран курса по 100КВ);
7. Загрузка канала связью данными других программных продуктов;
8. Наличие или отсутствие кэширующего проху (промежуточного) сервера.

Только проанализировав все эти факторы можно более или менее точно ответить на вопрос о требуемом канале связи.

Очень важно также помнить, что при передаче данных от сервера к клиенту, у канала связи 2 конца (причем они могут быть разной "ширины", т.е. пропускной способности). Поэтому надо понимать, что мы пытаемся проанализировать - пропускную способность канала связи центрального сервера или канала связи филиала...

Далее рассмотрим оценку канала на некотором примере. Бизнес-требования для этого примера - "В филиале работает 300 человек. Не менее 10% из них (т.е. 30 человек) могут работать с СДО в течение часа после завершения основного рабочего времени. Они будут изучать курсы без видео-фрагментов. Средний размер курса - 5МВ, за 1 час сотрудник откроет 60 экранов, т.е. размер одного экрана около 85КВ, экраны загружаются последовательно".

Рассмотрим существующую инфраструктуру: в нашем примере в филиале есть канал связи 1Мб/с (для справки - это означает, что через такой канал связи можно прокачать не более 128КВ за 1 секунду). При этом канал в такое время (после работы) загружен на 20-30% другими приложениями (интернетом, почтой, корпоративной ИТ-системой). Т.е. остается **768** Кб/с (1Мб/с - 25%).

На основании этих данных мы уже можем оценить минимальную необходимую пропускную способность канала связи. Она равна:

$$5 * 1024 * 8 * 30 / 3600 = 341.3 \text{ Кб/с.}$$

Расшифровка формулы:

$5 * 1024$ - размер одного изученного курса в килобайтах

$5 * 1024 * 8$ - размер одного изученного курса в килобитах

$5 * 1024 * 8 * 30$ - размер всех изученных курсов (30 штук) в килобитах

$5 * 1024 * 8 * 30 / 3600$ - делим все это на количество секунд в часе (3600), т.к. курсы полностью изучаются за 1 час и получаем минимально необходимую пропускную способность для того, чтобы все пользователи скачали все материалы курсов за указанное время.

Предполагается, что все материалы курса скачиваются на компьютер клиента с центрального сервера, т.е. нет специального программного обеспечения вроде кэширующего проху сервера.

Таким образом, пропускная способность канала (**768 Кб/с**) позволит скачать все материалы курса (требуется **341.3 Кб/с**), но при этом нам ничего неизвестно о качестве обучения - т.е. сколько в среднем будет ждать обучаемый загрузки материала, нажав на кнопку "Следующий экран".

Чтобы это узнать, перейдем к задаче моделирования. Дело в том, что математически точно ответить на вопрос невозможно. Причина в том, что каждый пользователь работает в своем собственном темпе. Если они случайно нажмут на кнопку "Следующий экран" все одновременно, то потребуются **очень широкий** канал связи. Если же они будут делать это равномерно, то канал связи будет загружен меньше и отклик от сервера придет быстрее. Дело в том, что общая "ширина" канала, как правило, делится равномерно между всеми запросами пользователей. Если через канал можно за 1 секунду прокачать 100КВ то 10 запросов по 10КВ будут обработаны за 1 секунду, а 100 запросов по 10КВ - за 10 секунд.

Смоделируем поведение пользователей исходя из того, сколько времени они могут проводить за чтением одной страницы (а также других, обсуждавшихся выше параметров). Предположим, что наш обучаемый читает страницу от 40 до 90 секунд (примерно столько читают 1 слайд учебного курса). Пусть 30 человек с некоторым заданным диапазоном времени с учетом случайности "читали" страницу курса, а по окончании чтения загружали их к себе на компьютер.

В результате моделирования мы получим:

- 1) оценку среднего времени загрузки страницы (самый важный показатель с точки зрения обучаемого): в нашем примере около **2 секунд** (вполне приемлемо);
- 2) оценку загрузки канала (рис.1.10);



Рис.1.10. Оценка загрузки каналов.

- 3) распределение времени загрузки (рис.1.11) - мы видим, что абсолютное большинство запросов укладывается в 5 секунд, т.е. дольше 5 секунд обучаемые не будут ждать загрузки страницы.

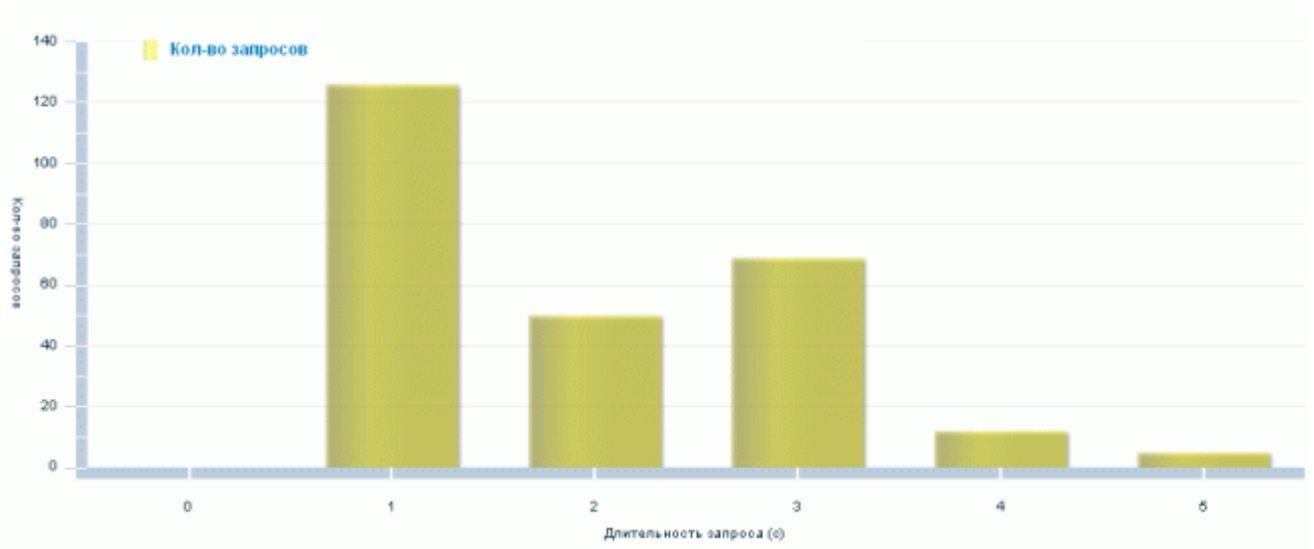


Рис. 1.11. Распределение времени загрузки.

Рассмотрим канал связи, когда канал связи в 2 раза "уже" - т.е. 512 Кб/с.

С точки зрения минимальной пропускной способности он все равно позволял бы скачать все данные (т.к. $384 > 341.3$, где 384Кб/с это 75% от 512Кб/с), но распределение времени загрузки было бы совсем другим! Т.е. некоторым обучаемым пришлось бы ждать загрузки страницы до **20 секунд** (рис.1.12-1.13).

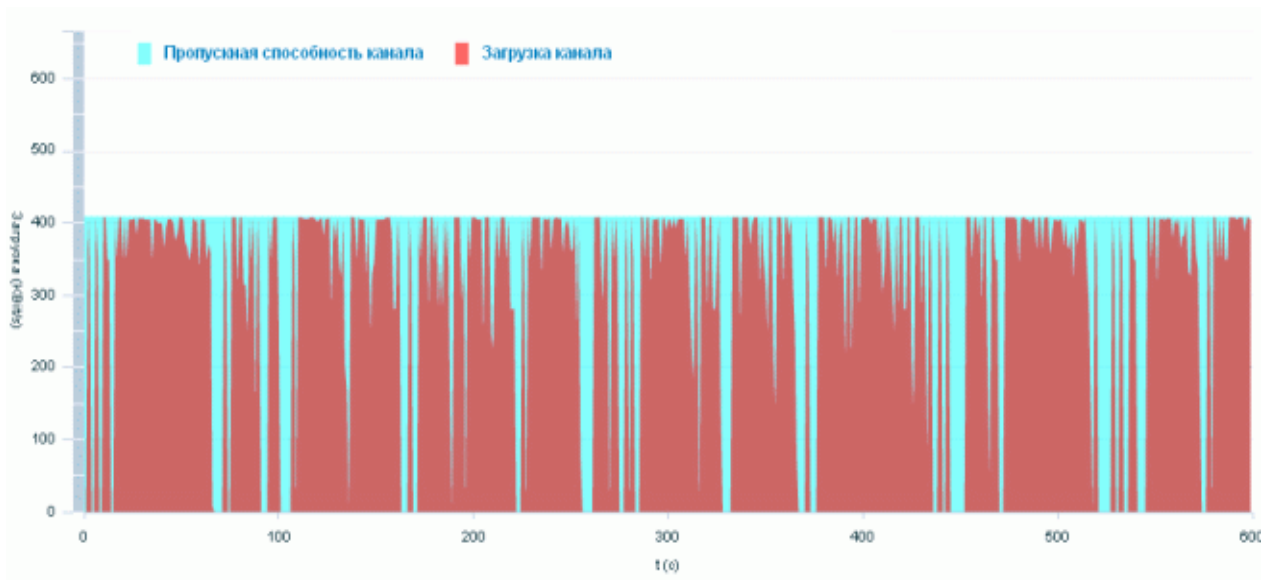


Рис. 1.12. Распределение времени загрузки канала связи.

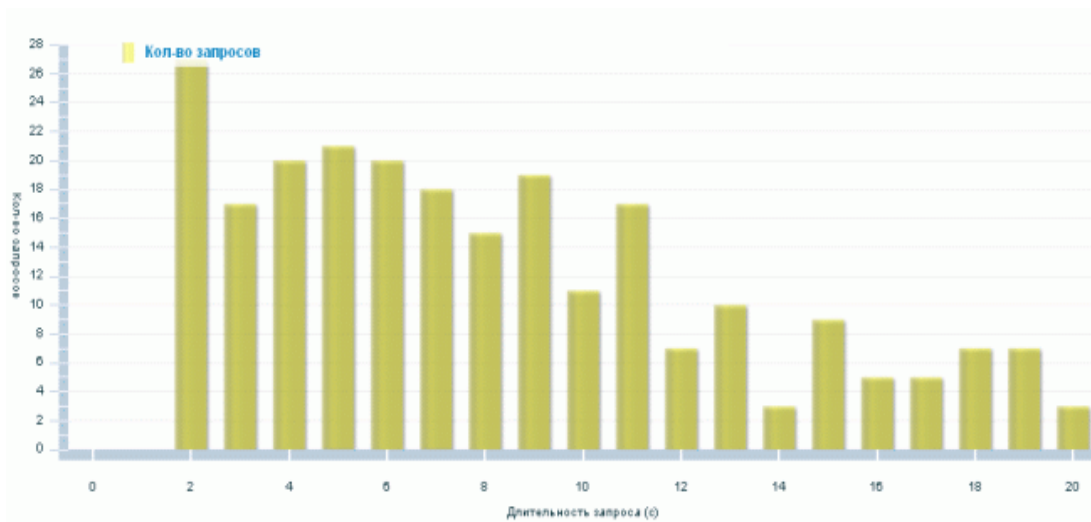


Рис.1.13. Количество запросов в канале связи.

Минимальный набор услуг, предоставляемый центром ДО, позволяет слушателям:

- скачивать лекционный материал;
- пользоваться чатом;
- пользоваться форумом;
- проходить on-line тестирование.

Проанализируем работу центра ДО при следующих параметрах:

- количество одновременно работающих слушателей - $\bar{N} = 20$ чел.;
- среднее число сообщений в чате - $\bar{Q} = 30$;
- время проведения чата - $T_C = 3600$ с.;
- среднее количество информации необходимое для формирования вопроса - $\bar{L} = 600$ байт;
- время прохождения теста - $T_{ПР} = 480$ с.

Используя следующие формулы, получим минимально необходимую пропускную способность канала связи, определяемую минимальными требованиями для работы чата ($C_{\text{ч}}$) и on-line тестирования ($C_{\text{т}}$). Лекционный материал не должен превышать по объёму 600 Кбайт.

$$C_{\text{ч}} = \frac{(\bar{N} \cdot \bar{Q}) \times 400}{T_C} = 66,7 \text{ Байт/с};$$

$$C_{\text{т}} = \frac{\bar{N} \cdot \bar{L}}{T_{ПР}} = 200 \text{ Байт/с}.$$

Таким образом, минимальная допустимая скорость соединения должна быть не ниже 14 Кбит/с.

На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

- требуемая пропускная способность наземных каналов связи для пропуска трафика ДО в большой степени определяется как структурой центров ДО, характером информационных материалов, так и спецификой обработки получаемой информации обучаемыми;
- минимальные требования определяются характером работы одного обучаемого при минимизации аудио и видео потоков информации по ДО. Допустимый минимальный уровень пропускной способности канала связи должен быть не ниже 14 Кбит/с, что может быть обеспечено модемами на телефонных линиях общего пользования.
- максимальные требования к каналам связи возникают при использовании для обучения больших

групп обучаемых и активном использовании аудио и видео конференц –связи при дистанционном обучении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Learning: the Treasure Within/ Report to UNESCO of the International Commission on Education for Twenty-First Century// Jacques Delors chair. - UNESCO, 1996.-225p.
2. Антонов А.В. Информация: восприятие и понимание, Киев,1988.
3. Белобжецкий Л.А. Инженерная психология и искусственный интеллект, - М.: Изд-во МАИ, 1991.
4. Баушев В.И., Зубакова А.В. Психология восприятия зрительной информации: учебное пособие. МИПК ЛИТМО. Л., 1990.
5. Массель Г.Г. Психологические аспекты пользовательского интерфейса современных компьютерных систем, Иркутск, 2000.
6. Синева И.С., Иванова Т.В. Особенности восприятия информации при работе с мультимедийными приложениями. // Тез. докл. НТК проф.-преп., научного и инж.-техн. состава МТУСИ – М.: 2002, с. 107–108.
7. Столяренко А.Д. Основы психологии, Ростов на Дону, 1995.
8. Шупейко И.Г. Инженерно-психологическое проектирование средств информационного взаимодействия для систем «человек-машина», Минск, 1998.
9. Learning: the Treasure Within/ Report to UNESCO of the International Commission on Education for Twenty-First Century// Jacques Delors chair. - UNESCO, 1996.-225p.
10. Карапетков Ш. Готовность к передаче голоса и видео по IP.//LAN Журнал сетевых решений. – 2009, №11 <http://ebusinessworld.ru/lan/2009/11/10815865/>