Практическое занятие **№ 6.** Определение пропускной способности канала**.**

**Практическая работа № 7. Интерполяционная формула Уиттекера-Шеннона, частота Найквиста**

Цель:  научиться выполнять расчеты по теореме отчетов и определять пропускную способность дискретного канала.

Время выполнения: 1 час

Оборудование: ПК.

Программное обеспечение: операционная система, калькулятор, текстовый редактор.

Теоретические основы

Пусть на вход аналогово-цифрового преобразователя поступает гармонический сигнал с частотой f(период T= 1/f).частоты исходного сигнала

Проведем дискретизацию входного аналогового сигнала с периодом дискретизации Tд меньшим половины периода входного сигнала T (рисунок 1).

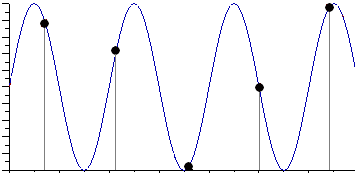


Рисунок 1

Очевидно, что дискретные отсчеты сигнала однозначно не отображают форму исходного сигнала, в частности по получившимся точкам можно построить гармонический сигнал с периодом Tискаж., отличающимся от периода исходного сигнала T. Период Tискаж больше периода исходного сигнала T, соответственно частота меньше, частоты исходного сигнала f (рисунок 2).

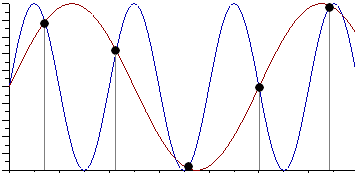


Рисунок 2

Данный эффект называется стробоскопическим эффектом или алиасингом. Он заключается в появлении ложной низкочастотной составляющей при дискретизации сигнала с частотой меньшей удвоенной частоты исходного сигнала (или с периодом большим половины периода исходного сигнала), отсутствующей в исходном сигнале.

Пример 2

Уменьшим период дискретизации до половины периода исходного аналогового сигнала (частоту дискретизации увеличим до удвоенной частоты исходного сигнала). В данной ситуации возникает неопределенность начальной фазы и амплитуды сигнала, при этом частота исходного сигнала не искажается. В крайнем случае мы можем получить отсчеты сигнала равные нулю (рисунок 3).

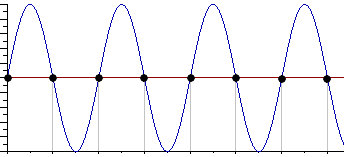


Рисунок 3

Пример 3

Продолжим уменьшение периода дискретизации. Если период дискретизации меньше половины периода исходного сигнала, то очевидно, что через получившиеся после оцифровки точки можно построить только один гармонический сигнал, соотвествующий исходному, без искажения начальной фазы, амплитуды и частоты (рисунок 4). Данное утверждение теоретически обосновано и мы его примем без доказательства.

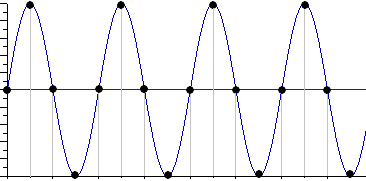


Рисунок 4

Таким образом, для адекватного восстановления гармонического сигнала по дискретным отсчетам, частота дискретизации должна быть не меньше половины частоты сигнала. Частота равная половине частоты дискретизации называется частотой Найквиста fN = fД/2.

Данное утверждение можно обобщить следующим образом:

Аналоговый сигнал с ограниченным спектром может быть восстановлен однозначно и без искажений по своим дискретным отсчетам, взятым с частотой большей удвоенной максимальной частоты в своем спектре.

fд >2·Fmax**(1)**

Данное утверждение известно как **теорема Котельникова** (в западной литературе **теорема Найквиста-Шеннона**) или теорема отсчетов. В различных источниках в формулировке данной теоремы могут быть различия, основным из которых является знак сравнения в формуле 1: fд ≥2·Fmaxили fд >2·Fmax. Мы придерживаемся формулировки со знаком **строго больше,** так как при частоте оцифровки равной максимальной частоте в спектре возникают неоднозначности начальной фазы и амплитуды.

На практике аналоговый сигнал, как правило, оцифровывают с частотой в несколько раз превышающей удвоенную частоту в спектре сигнала, хотя существуют методики оцифровки сигнала с нарушением теоремы отсчетов.

## Пропускная способность непрерывного канала

Пусть сигнал Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image001.gif на выходе канала представляет собой сумму полезного сигнала Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image002.gif и шума Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image003.gif, т.е. Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image004.gif, причем Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image002.gif и Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image003.gif статистически независимы. Допустим, что канал имеет ограниченную полосу пропускания шириной Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image005.gif. Тогда в соответствии с теоремой Котельникова (см. п. 1.5) функции Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image001.gif, Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image002.gif и Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image003.gif можно представить совокупностями отсчетов Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image006.gif, Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image007.gif, и Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image008.gif, Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image009.gif, где Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image010.gif. При этом статистические свойства сигнала Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image002.gif можно описать многомерной ПРВ Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image011.gif, а свойства шума – ПРВ Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image012.gif.

Пропускная способность непрерывного канала определяется следующим образом:

|  |  |
| --- | --- |
| Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image013.gif, |  |

где    Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image014.gif – количество информации о какой-либо реализации сигнала Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image002.gif длительности T, которое в среднем содержит реализация сигнала Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image001.gif той же длительности Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image015.gif, а максимум ищется по всем возможным распределениямОписание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image016.gif.

Когда сигнал на входе канала имеет нормальное распределение и отсчеты независимы величина Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image017.gif максимизируется [6]. Поэтому пропускная способность гауссовского канала с дискретным временем, рассчитанная на единицу времени, с учетом (4.16) может быть записана в виде

|  |  |
| --- | --- |
| Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image018.gif. | (4.17) |

Полученное выражение показывает, что пропускная способность гауссовского канала с дискретным временем определяется числом импульсов, передаваемых в секунду, и отношением сигнал/шум (Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image019.gif).

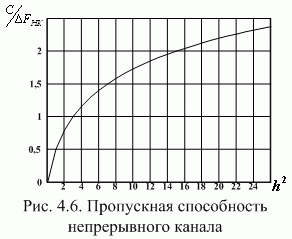
С учетом взаимосвязи скорости передачи информации и полосы частот непрерывного канала от (4.17) можно перейти к формуле Шеннона, которая устанавливает связь пропускной способности гауссовского канала с полосой пропускания непрерывного канала и отношением мощности сигнала к мощности помехи:

|  |  |
| --- | --- |
| Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image020.gif. | (4.18) |

График отношения Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image021.gif изображен на рис. 4.6. Заметим, что при малом отношении Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image022.gif

|  |  |
| --- | --- |
| Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image023.gif, |  |

а пропускная способность канала связи прямо пропорциональна этому отношению.



При большом отношении Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image024.gif в (4.18) можно пренебречь единицей и считать, что

|  |  |
| --- | --- |
| Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image025.gif, |  |

т.е. зависимость пропускной способности непрерывного канала от отношения сигнал/шумлогарифмическая.

Пропускная способность канала, как предельное значение скорости безошибочной передачи информации, является одной из основных характеристик любого канала.

Определим пропускную способность стандартного канала тональной частоты, имеющего границы эффективно передаваемых частот Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image027.gif кГц, среднюю мощность сигнала на выходе 56 мкВт при средней мощности помехи 69000 пВт.

Согласно (4.18), при заданных параметрах

|  |  |
| --- | --- |
| Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image028.gif [бит/с]. |  |

Для непрерывных каналов справедлива теорема Шеннона, согласно которой сообщения дискретного источника могут быть закодированы и переданы по непрерывному каналу так, что вероятность ошибочного декодирования принятого сигнала Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image001.gif будет меньше наперед заданной положительной величины Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image029.gif, если производительность источника Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image030.gif меньше пропускной способности Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image031.gif непрерывного канала.

Для типовых непрерывных каналов многоканальной связи основные технические характеристики и пропускная способность, вычисленная по формуле Шеннона (4.18), при отношении сигнал/шум 20 дБ, приведены в табл. 4.4.

Зная пропускную способность канала и информационные характеристики сообщений (табл. 4.5), можно определить, какие сообщения (первичные сигналы) можно передавать по заданному каналу.

Таблица 4.4. Характеристики типовых каналов многоканальной связи

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование  канала | Границы  передаваемых частот, Гц | Пропускная  способность, бит/с |
| Тональной частоты | 300...3400 | 20,64∙103 |
| Предгрупповой широкополосный | 12,3∙103...23,4∙103 | 73,91∙103 |
| Первичный широкополосный | 60,6∙103...107,7∙103 | 313,6∙103 |
| Вторичный широкополосный | 312,3∙103...551,4∙103 | 1,59∙106 |
| Третичный широкополосный | 812,3∙103...2043,7∙103 | 8,2∙106 |

Таблица 4.5. Производительность источников сообщений

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид сообщения | Характер  сообщения | Параметры АЦП | | Производительность,  бит/с |
| Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image032.gif, Гц | Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image033.gif |
| Телеграфные, 50 Бод | дискретные | – | – | 30…50 |
| Телефонные | непрерывные | 8∙103 | 8 | 64∙103 |
| Звукового вещания:  первого класса | непрерывные | 24∙103 |  | 240∙103 |
| высшего класса | непрерывные | 32∙103 | 13 | 416∙103 |
| Факсимильные, 120 строк/с:  полутоновые | непрерывные | 2,93∙103 | 4 | 11,72∙103 |
| штриховые | дискретные | – | – | 2,93∙103 |
| Передача данных, 2400 Бод | дискретные | – | – | 2,4∙103 |
| Телевизионные | непрерывные | 13∙106 | 16 | 208∙106 |

Например, первичный сигнал телевизионного вещания имеет Описание: http://www.sernam.ru/htm/book_tec/tec_64.files/image034.gif (табл. 4.5) и поэтому не может быть передан ни по одному из типовых непрерывных или цифровых каналов без потери качества. Следовательно, для передачи сигнала телевизионного вещания требуется создание специальных каналов с более высокой пропускной способностью или снижение скорости цифрового потока.

**Выполнение расчетных заданий**

1. Число символов алфавита m = 4. Вероятности появления символов равны соответственно p1 = 0,15; p2 = 0,4; p3 = 0,25; p4 = 0,2. Длительности символов t1 = 3с; t2 = 2с; t3 = 5с, t4 = 6с. Чему равна скорость передачи сообщений, составленных из таких символов?

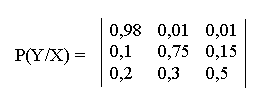
2. Сообщения составлены из пяти качественных признаков (m = 5). Длительность элементарной посылки t = 20мс. Определить, чему равна скорость передачи сигналов и информации.

3. Определить пропускную способность бинарного канала связи, способного передавать 100 символов 0 или 1 в единицу времени, причем каждый из символов искажается (заменяется противоположным) с вероятностью р = 0,01.

4. Имеются источник информации с энтропией в единицу времени H(Х) = 100 дв.ед. и два канала связи; каждый из них может передавать в единицу времени 70 двоичных знаков (0 или 1); каждый двоичный знак заменяется противоположным с вероятностью р = 0,1. Требуется выяснить, достаточна ли пропускная способность этих каналов для передачи информации, поставляемой источником.

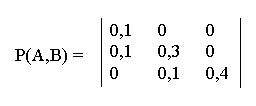
5. Чему равна пропускная способность симметричного канала, если источник вырабатывает сигналы со скоростью 2 знака в секунду, закодированные кодом с основанием m = 10, а вероятность ложного приема р = 0,3?

6. Сообщения составлены из алфавита Х = (х1, x2, x3). Вероятности появления символов алфавита 0,7; 0,2; 0,1 соответственно. Помехи в канале связи заданы следующей канальной матрицей:



Определить скорость передачи информации, если время передачи одного символа t1 = 0,02с.

7. Чему раина пропускная способность канала связи, описанного канальной матрицей:



если известно, что на выходе источника сообщений символы вырабатываются со скоростью 100 знаков в секунду?

8. Определить максимально возможную скорость передачи информации по радиотехническому каналу связи пункта управления с телеуправляемой ракетой, если полоса пропускания канала связи равна 3 МГц, а минимальное отношение сигнал-шум по мощности в процессе наведения ракеты на цель равно 3.

9. Определить полосу пропускания канала передачи телевизионного черно-белого изображения с 5х105 элементами, 25 кадрами в секунду и 8 равновероятными градациями яркости для отношения P/N = 15 при условии, что изображение может принимать наиболее хаотичный вид «белого шума».

**Вывод:**

**Контрольные вопросы**

1. **Что такое пропускная способность канала передачи информации? Чем отличается пропускная способность от скорости передачи информации по каналу связи?**

Пропускная способность канала передачи информации - это максимальная скорость передачи данных, которую может обеспечить канал. Она измеряется в битах в секунду (bps) или в других единицах измерения информации в секунду.

Скорость передачи информации по каналу связи - это фактическая скорость передачи данных через канал в определенный момент времени. Она может быть меньше пропускной способности из-за различных факторов, таких как наличие помех, ограничения протоколов передачи данных и другие ограничения.

2. **Чем отличается информационная скорость передачи от технической, и в каких единицах эти скорости измеряются?**

Информационная скорость передачи - это количество информации, передаваемой за единицу времени, измеряется в битах в секунду (bps). Техническая скорость передачи - это скорость передачи данных, включая дополнительные данные для обеспечения надежности передачи, измеряется также в битах в секунду (bps). Отличие заключается в том, что техническая скорость может быть выше информационной из-за добавления дополнительных данных для обеспечения надежности передачи.

3. **Как изменяется пропускная способность дискретного канала связи при воздействии на канал помех.**

При воздействии помех на дискретный канал связи пропускная способность канала может снизиться. Помехи могут вызывать ошибки в передаче данных, что приводит к необходимости повторной передачи информации или использованию дополнительных данных для исправления ошибок.

4. **Сформулируйте основную теорему Шеннона о кодировании для канала без помех.**

Основная теорема Шеннона утверждает, что для канала без помех с ограниченной пропускной способностью существует кодирование, при котором можно передавать данные с произвольно малой вероятностью ошибки при условии, что скорость передачи данных не превышает пропускную способность канала. То есть, при правильном выборе кодирования можно приблизиться к теоретической максимальной скорости передачи данных через канал без потерь.

5. **Сформулируйте и поясните теорему Шеннона о кодировании для канала с помехами.**

Теорема Шеннона о кодировании для канала с помехами утверждает, что существует кодирование, позволяющее передавать данные с произвольно малой вероятностью ошибки через канал с помехами при условии, что скорость передачи данных не превышает пропускную способность канала. Это означает, что при наличии помех можно достичь определенного уровня надежности передачи данных, если выбрать подходящий код.

6. **Приведите выражение пропускной способности для дискретного канала.**

7. **Сформулируйте и поясните теорему отсчетов (Котельникова)**

Т. Котельникова

Для точного восстановления аналогового сигнала из его дискретных отсчетов необходимо, чтобы частота дискретизации была больше, чем удвоенная максимальная частота сигнала.

Когда аналоговый сигнал дискретизируется (преобразуется в последовательность отсчетов), возникают искажения из-за потери информации о высокочастотных компонентах сигнала. Теорема отсчетов утверждает, что чтобы избежать потерь информации при дискретизации, необходимо использовать частоту дискретизации, которая больше удвоенной максимальной частоты сигнала (частоты Найквиста). В противном случае возникает явление алиасинга, когда высокочастотные компоненты сигнала "складываются" в низкочастотный диапазон.

8. **Какие параметры влияют на объем сигнала.**

Tc – длительность

Fc – ширина частоты спектра

Ас – уровень сигнала, характеризирующей его мощность

9. **От чего зависит пропускная способность непрерывного канала связи.**

Зависит от ширины полосы пропускания канала, уровня шума и искажений в канале, а также от используемой модуляции и кодирования сигнала.

10. **Назовите условия согласования источников информации с пропускной способностью непрерывных каналов связи.**

Пропускная способность, объем файла.

11. **Какова скорость отображения информации приемным устройством отображения информации.**

Скорость отображения информации:

Практическое занятие **№ 8.** Поиск энтропии случайных величин**. Энтропийное кодирование.**

Цель: научиться вычислять энтропию случайной величины.

Время выполнения: 4 часа

Оборудование: ПК.

Программное обеспечение: операционная система, калькулятор, текстовый редактор.

Теоретические основы

**Энтропия** в теории информации — мера хаотичности [информации](http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php/%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F), неопределённость появления какого-либо символа первичного алфавита. При отсутствии информационных потерь численно равна количеству информации на символ передаваемого сообщения.

Так, возьмём, например, последовательность символов, составляющих какое-либо предложение на русском языке. Каждый символ появляется с разной частотой, следовательно, неопределённость появления для некоторых символов больше, чем для других. Если же учесть, что некоторые сочетания символов встречаются очень редко, то неопределённость ещё более уменьшается (в этом случае говорят об энтропии n-ого порядка. Концепции информации и энтропии имеют глубокие связи друг с другом, но, несмотря на это, разработка теорий в статистической механике и теории информации заняла много лет, чтобы сделать их соответствующими друг другу.

**Энтропия** независимых случайных событий *x* с *n* возможными состояниями (от 1 до *n*) рассчитывается по формуле:

Описание: H(x)=-\sum_{i=1}^np(i)\log_2 p(i)

Эта величина также называется *средней энтропией сообщения*. Величина Описание: \log_2 {1 \over p(i)} называется *частной энтропией*, характеризующей только i-e состояние.

Таким образом, энтропия события *x* является суммой с противоположным знаком всех произведений относительных частот появления события *i*, умноженных на их же двоичные логарифмы (основание 2 выбрано только для удобства работы с информацией, представленной в двоичной форме). Это определение для дискретных случайных событий можно расширить для функции распределения [вероятностей](http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php/%D0%92%D0%B5%D1%80%D0%BE%D1%8F%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C).

[Шеннон](http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php/%D0%9A%D0%BB%D0%BE%D0%B4_%D0%A8%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%BD) вывел это определение энтропии из следующих предположений:

* мера должна быть непрерывной; т. е. изменение значения величины вероятности на малую величину должно вызывать малое результирующее изменение энтропии;
* в случае, когда все варианты (буквы в приведенном примере) равновероятны, увеличение количества вариантов (букв) должно всегда увеличивать полную энтропию;
* должна быть возможность сделать выбор (в нашем примере букв) в два шага, в которых энтропия конечного результата должна будет является суммой энтропий промежуточных результатов.

Шеннон показал, что любое определение энтропии, удовлетворяющее этим предположениям, должно быть в форме:

Описание: -K\sum_{i=1}^np(i)\log_2 p(i)

где *K* — константа (и в действительности нужна только для выбора единиц измерения).

Шеннон определил, что измерение энтропии (*H* = − *p1* log2 *p1* − … − *pn* log2 *pn*), применяемое к источнику информации, может определить требования к минимальной пропускной способности канала, требуемой для надежной передачи информации в виде закодированных двоичных чисел. Для вывода формулы Шеннона необходимо вычислить математическое ожидания «количества информации», содержащегося в цифре из источника информации. Мера энтропии Шеннона выражает неуверенность реализации случайной переменной. Таким образом, энтропия является разницей между информацией, содержащейся в сообщении, и той частью информации, которая точно известна (или хорошо предсказуема) в сообщении. Примером этого является избыточность языка — имеются явные статистические закономерности в появлении букв, пар последовательных букв, троек и т.д.

В общем случае **b-арная энтропия** (где b равно 2,3,... ) источника Описание: \mathcal{S} = (*S*,*P*) с [исходным алфавитом](http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php?title=%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BB%D1%84%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D1%82&action=edit) *S* = {*a*1, …, *an*} и [дискретным распределением вероятности](http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php?title=%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%BA%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%BE%D1%8F%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8&action=edit) *P* = {*p*1, …, *pn*} где *pi* является вероятностью *ai* (*pi* = *p*(*ai*)) определяется формулой:

Описание: H_b(\mathcal{S}) = - \sum_{i=1}^n p_i \log_b p_i

Определение энтропии Шеннона очень связано с понятием [термодинамической энтропии](http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%8F). [Больцман](http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php/%D0%91%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%86%D0%BC%D0%B0%D0%BD) и [Гиббс](http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D0%B1%D1%81) проделали большую работу по статистической термодинамике, которая способствовала принятию слова «энтропия» в информационную теорию. Существует связь между понятиями энтропии в термодинамике и теории информации. Например, [демон Максвелла](http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php/%D0%94%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%BD_%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B0) также противопоставляет термодинамическую энтропию информации, и получение какого-либо количества информации равно потерянной энтропии.

СВОЙСТВА ЭНТРОПИИ

*1*.Энтропия является вещественной и неотрицательной величиной.

*2*.Энтропия – величина ограниченная.

*3*.Энтропия обращается в нуль лишь в том случае, если вероятность одного из состояний равна единице; тогда вероятности всех остальных состояний, естественно, равны нулю. Это положение соответствует случаю, когда состояние источника полностью определено.

*4.*Энтропия максимальна, когда все состояния источника равновероятны.

*5.* Энтропия источника и с двумя состояниями u1 и u2 изменяется от нуля до единицы, достигая максимума при равенстве их вероятностей:

*р(и1) = р= р(u2) = 1 — р = 0,5.*

*6*.Энтропия объединения нескольких статистически независимых источников информации равна сумме энтропии исходных источников.

*7.* Энтропия характеризует среднюю неопределенность выбора одного состояния из ансамбля. При ее определении используют только вероятности состояний, полностью игнорируя их содержательную сторону. Поэтому энтропия не может служить средством решения любых задач, связанных с неопределенностью.

*8.* Энтропия как мера неопределенности согласуется с экспериментальными данными, полученными при изуче­нии психологических реакций человека, в частности реакции выбора. Установлено, что время безошибочной реакции на последовательность беспорядочно чередующихся равновероятных раздражителей (например, загорающихся лампочек) растет с увеличением их числа так же, как энтропия. Это время характеризует неопределенность выбора одного раздражителя. Замена равновероятных раздражителей не равновероятными приводит к снижению среднего времени реакции ровно настолько, насколько уменьшается энтропия.

*Дифференциальной энтропией* случайной величины X называется величина:

HД(x)=H(x)-H(y)= -

Если произвести квантование случайных величин Х1, Х2…Хn по уровню с числом уровней квантования равным m, то возможное число реализаций длительностью Тn станет конечным и равным *М = тn.*

Каждая из реализаций С1, С2,….Сi,…Сm будет иметь определенную вероятность появления в эксперименте по наблюдению реализаций. Тогда неопределенность (энтропия) и количество информации в реализации (в среднем по всем реализациям) определяются равенством





Энтропия и количество информации на одну степень свободы (на одну выборку) равны



*Избыточность*показывает, какая доля максимально возможной при заданном объеме алфавита неопределенности не используется источником.

=(Hmax-Hu)/Hmax ,

Где Нu – энтропия рассматриваемого источника, Нmax – максимально возможное значение его энтропии, которое может быть достигнуто подбором распределения и ликвидацией взаимозависимости элементов алфавита. Так, для дискретного источника с М элементами

Hmax=log M

**Задачи по вычислению энтропии**

Найдите энтропию для числа козырных карт при извлечении двух карт из колоды в 36 карт.

**Решение:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Х** | **0** | **1** | **1** |
| **Pi** | 0,56 | 0,39 | 0,005 |

***H =***

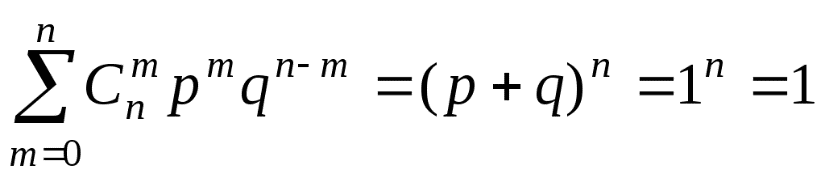
**Вывод:**

В ходе практической работы были изучены возможности вычисления энтропии случайной величины.

**Контрольные вопросы**

1. **Как определяется энтропия дискретных случайных величин?**
2. **Приведите примеры энтропий для классических законов распределения.**

*Биноминальное распределение:*



*Геометрическое распределение:*

*Показательное распределение:*