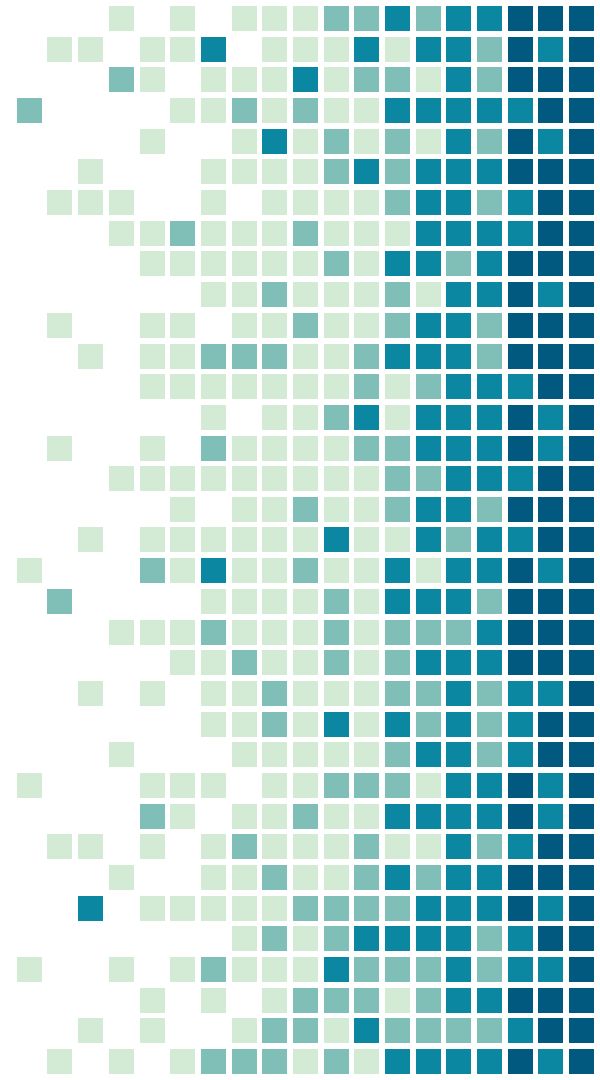


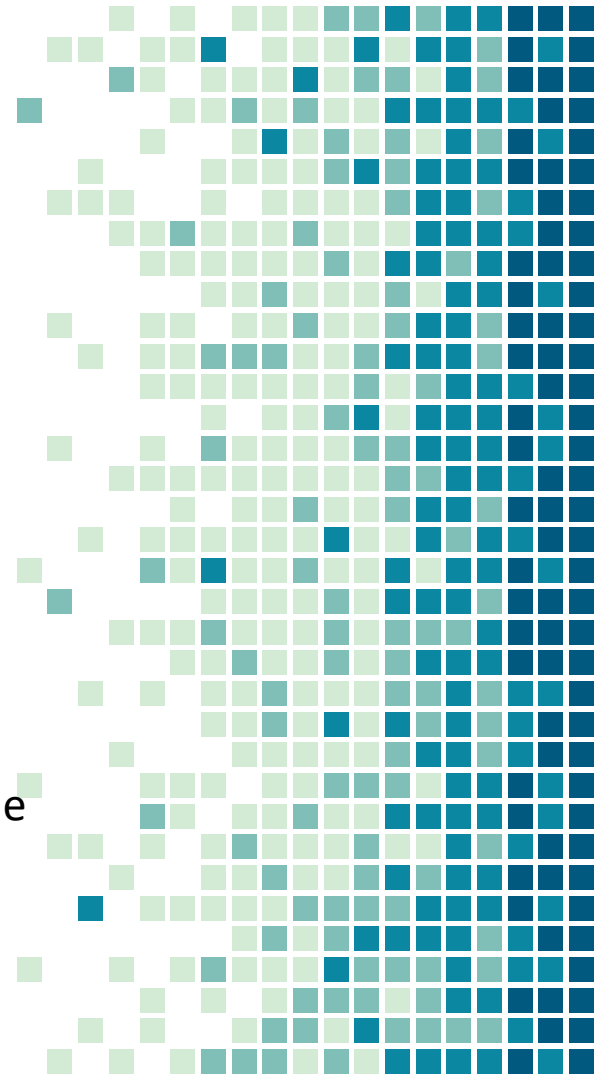
3D телевидение в мультимедийных технологиях

Ст. преп. каф. ТВиМ Татаренков Дмитрий Александрович

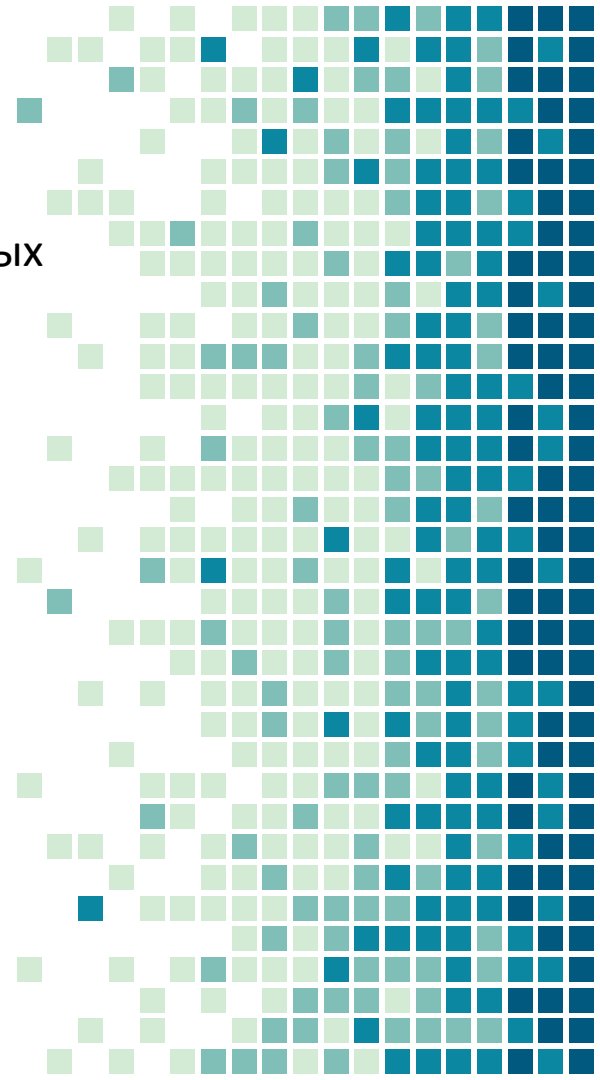
- Зрительное восприятие трёхмерного пространства
 - История
 - Факторы восприятия глубины пространства
 - Монокулярные
 - Бинокулярные
 - Пределы стереовосприятия
 - Бинокулярное поле зрения
 - Бинокулярное смещение цветов
 - Восприятие объёмных изображений
 - Типы параллаксов



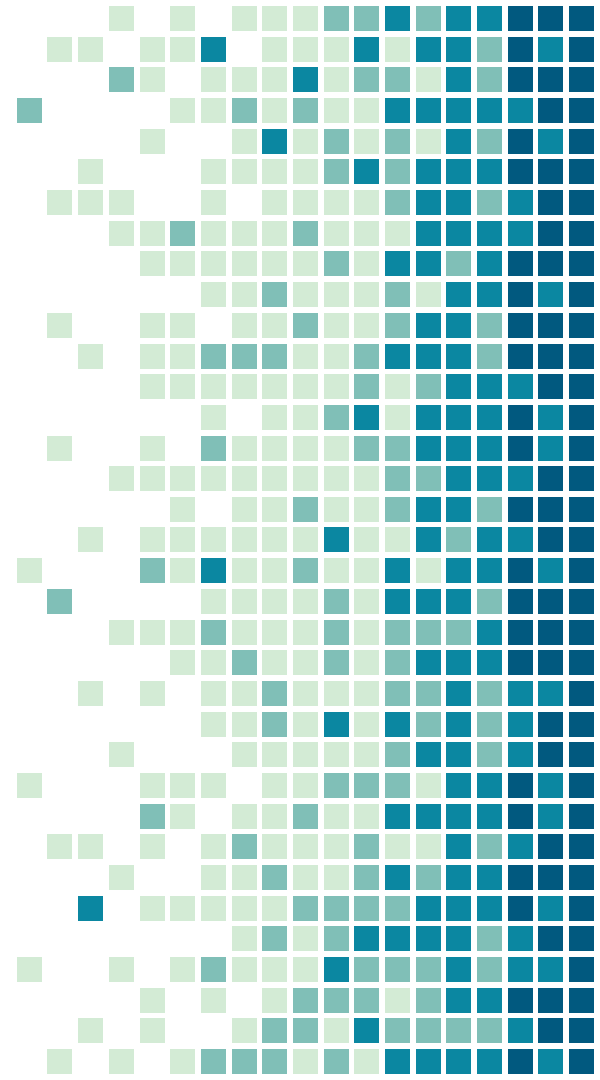
- Методы и аппаратура создания объёмных изображений
 - Параллельная стереосъёмка
 - Направленная стереосъёмка
- Методы укладки (предъявления) изображений стереопары при воспроизведении
 - Метод пространственного разделения: оптико-механические устройства (шлемы)
 - Автостереоскопические (растровые) системы: линзовые и параллакс-барьерные
 - Спектральные (цветовые) методы
 - Поляризация: линейная и круговая
 - Временное разделение (обтюрационные и эклипсные устройства)



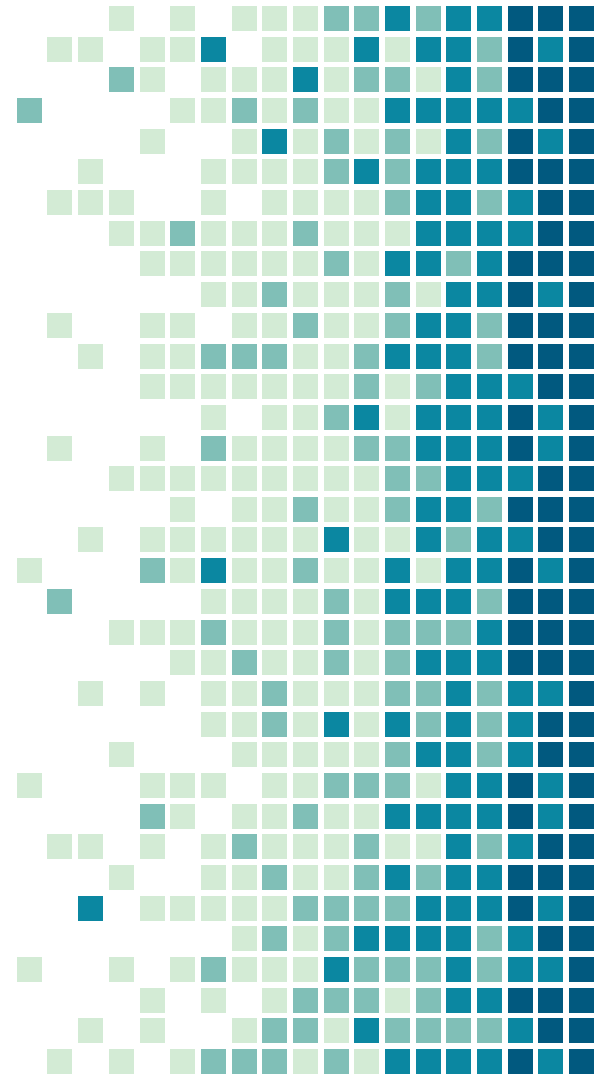
- Многокурсовые системы формирования объёмных изображений
 - Многокурсовая съёмка с помощью набора отдельных камер
 - ФОРМАТ 2D + Z
- Передача многокурсового видео (Трансляция)
- Системы воспроизведения объёмного изображения
- Дискомфорт от просмотра
 - Недостатки оборудования
 - Недостатки контента



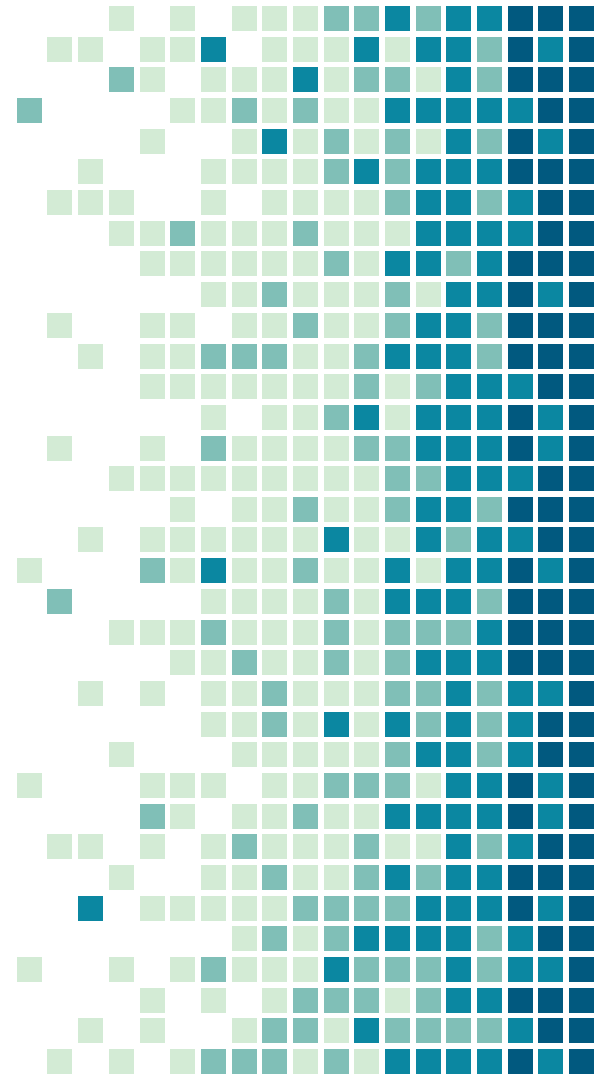
- Форматы 3D
 - End-to-end 3D-TV система
 - Форматы кадр-совместимого стереоскопического видео
 - Тесселяция
 - Service compatible - временное разделение
 - *2D + Метаданные*
 - Цвет + глубина
 - Depth-Image-Based (DIBR)
 - Заполнение пустот



- Многокурсное видео
 - Multi-View Video Plus Depth (MV + D)
Многокурсное + глубина
 - Layered Depth Video
Послойная карта глубины
 - Методы получения карты глубины
 - Сканирование на основе структурированного света
 - Триангуляция
 - Лазерное и ИК 3D-сканирование



- **Стерео-Фотограмметрия**
 - Инвариантные признаки
 - Сопоставление участков изображения
 - Детекторы углов
 - Детекторы блобов
 - Детекторы дескрипторов



- 3DTV вещательные системы
 - Мобильное 3DTV
 - 3D видео по запросу, VoD
 - 3D иммерсивные видеоконференции
 - Удалённое наблюдение
- 3D кодирование
 - Кодирование многоракурсного видеопотока Multi-View Coding (MVC)
 - Методы оценки качества декодированных ракурсов
- Актуальные разработки

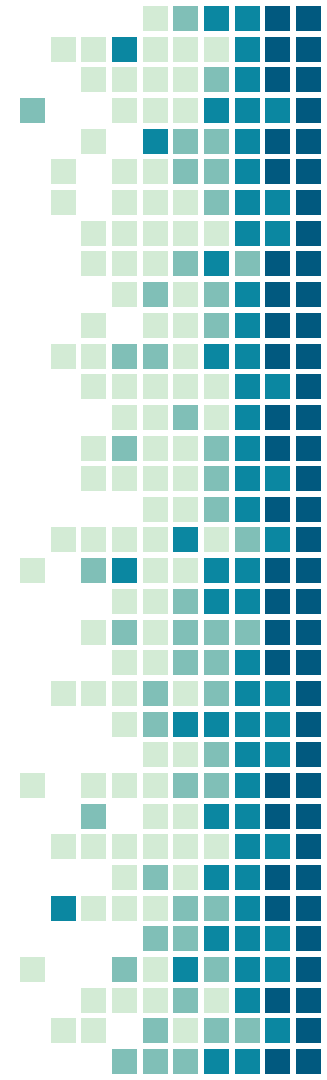


Зрительное восприятие трехмерного пространства



Введение

- Первые попытки разгадать механизм объемного зрения были предприняты еще в III в. до нашей эры древнегреческим математиком Евклидом.
- В XV в. стереоскопическим эффектом интересовался великий итальянский художник и ученый эпохи Возрождения Леонардо да Винчи.
- Де ла Порта в 1593 г. установил, что каждый глаз человека видит свое, несколько отличное от другого двухмерное изображение, а в нашем сознании оба изображения сливаются в одно объемное.

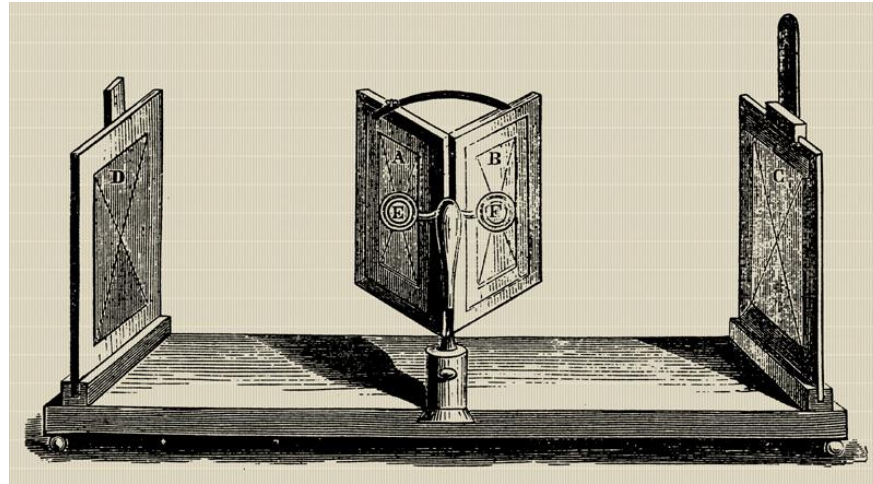


История

- Первые работы по созданию технических устройств, позволяющих человеку искусственно наблюдать стереоскопический эффект, относятся к середине XIX в. В это время были созданы первые зеркальный и линзовый стереоскопы.



Чарльз Уитстон, 1832



История

- Первая экспериментальная стереотелевизионная система была создана в Англии в 1928 г. Д. Бердом.
- В 1946 г. в США фирма RCA создает экспериментальную систему стереотелевидения.
- Практические работы по стереотелевидению в СССР были начаты в 1949 г. в Ленинградском электротехническом институте связи им. проф. М.А. Бонч-Бруевича под руководством проф. П.В. Шмакова, где в 1950 г. была создана первая в СССР установка черно-белого стереоскопического телевидения, а в 1959 г. было впервые получено и стереоцветное телевизионное изображение.
- Первая опытная стереотелевизионная передача для относительно широкого круга телезрителей была проведена в СССР 25 марта 1975 г. по второй программе Ленинградского телецентра.



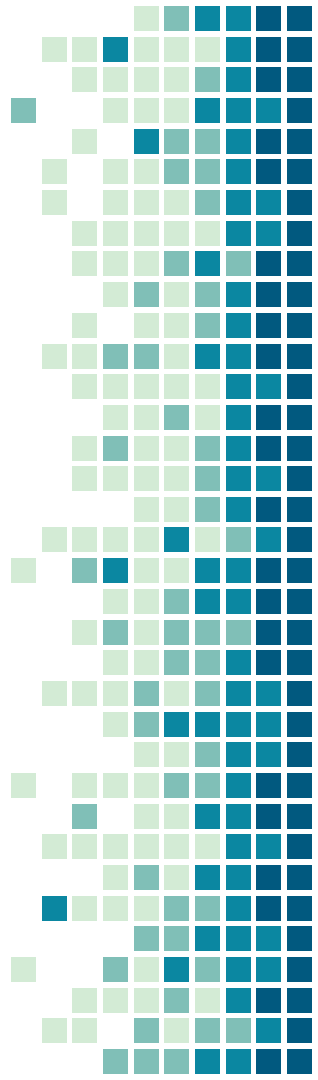
Введение

- «Платформа HD», а также при участии спутникового оператора Eutelsat организовали 15 апреля 2010 года прямую трансляцию балетного спектакля из концертного зала Мариинского театра в режиме 3D. Прием транслируемой программы осуществлялся как в РФ, так и во Франции.
- Съёмки празднования 65-летия Победы в Москве ВГТРК осуществила в формате 3D.
- Чемпионат мира по футболу 2010 г. был снят и транслировался в эфире рядом телекомпаний в трехмерном виде.
- 15 октября 2010 года начал работу первый в России телевизионный канал 3D-вещания, развернутый на платформе оператора спутникового непосредственного вещания «НТВ-Плюс» в сотрудничестве с компанией Panasonic.

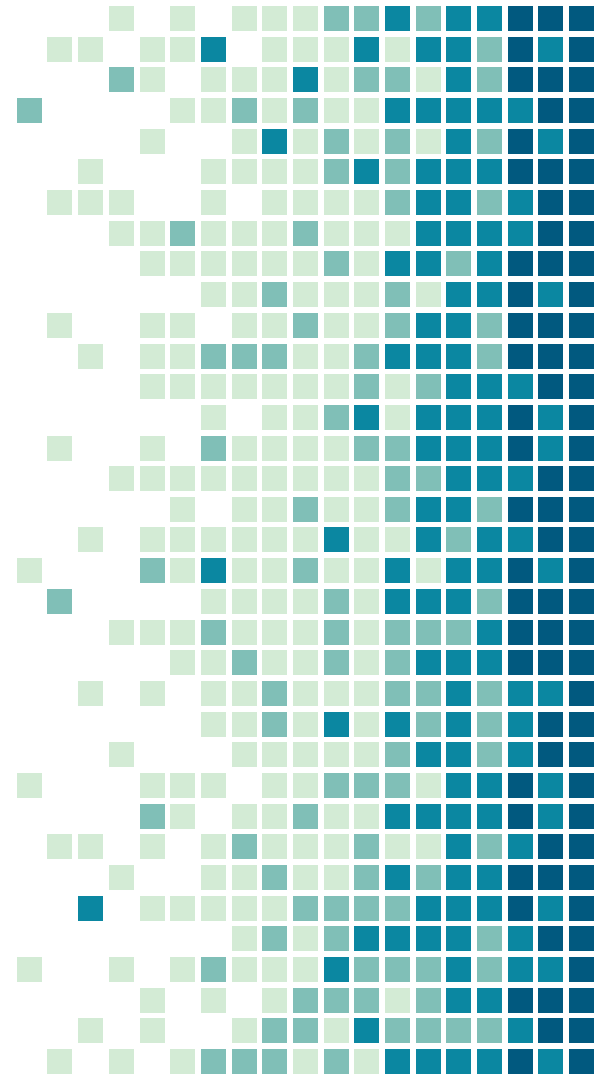


Введение

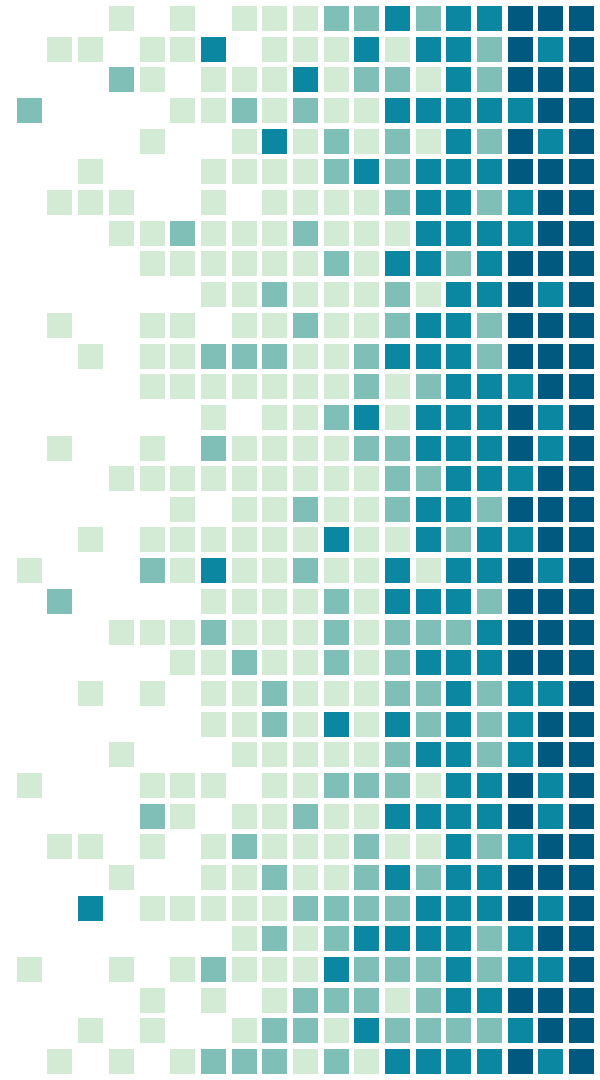
- Наука, занимающаяся изучением особенностей зрительного восприятия объемности, получила название стереоскопии (от греческих слов «стерео», т.е. объемный, и «скопия» – смотреть, видеть).



1. Факторы восприятия глубины пространства



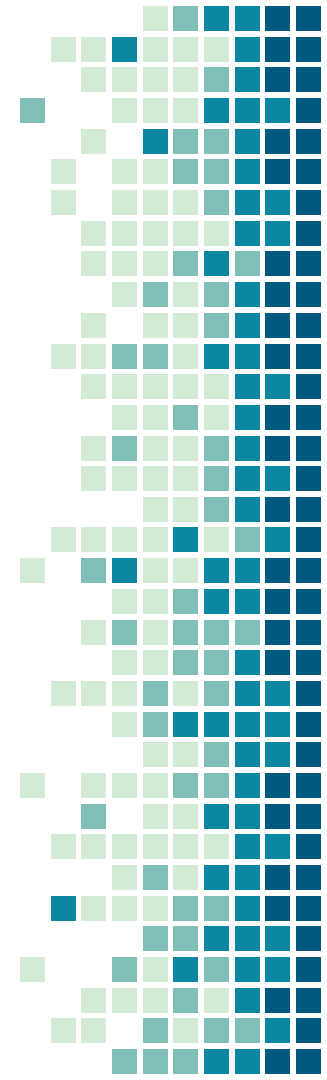
Объёмное зрение



Монокулярные факторы пространственного зрения

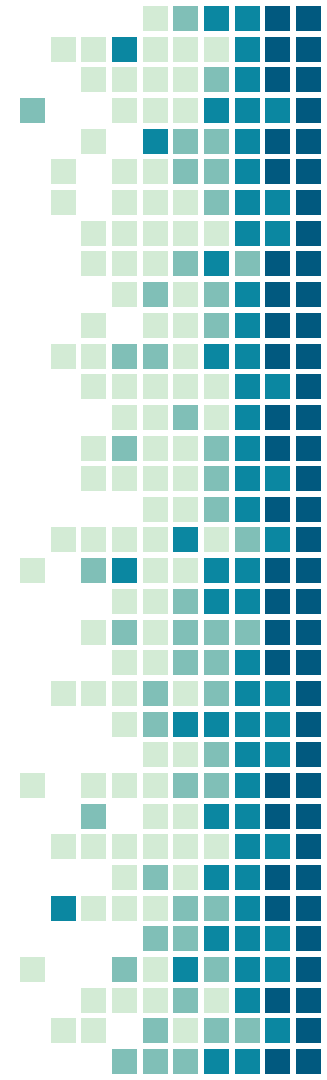
Монокулярное зрение – это зрение одним глазом с формированием видимого образа на основе информации, поступающей в мозг от этого глаза.

Бинокулярное зрение – это зрение двумя глазами с формированием единого образа на основе совместной переработки информации, поступающей от обоих глаз.



Моноккулярные факторы пространственного зрения

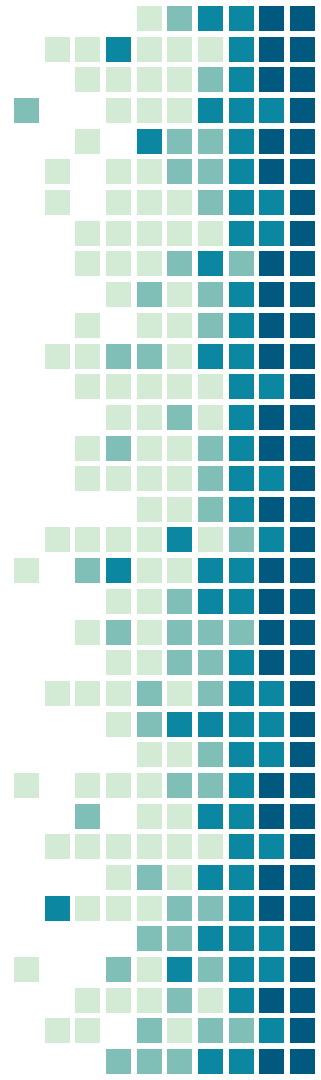
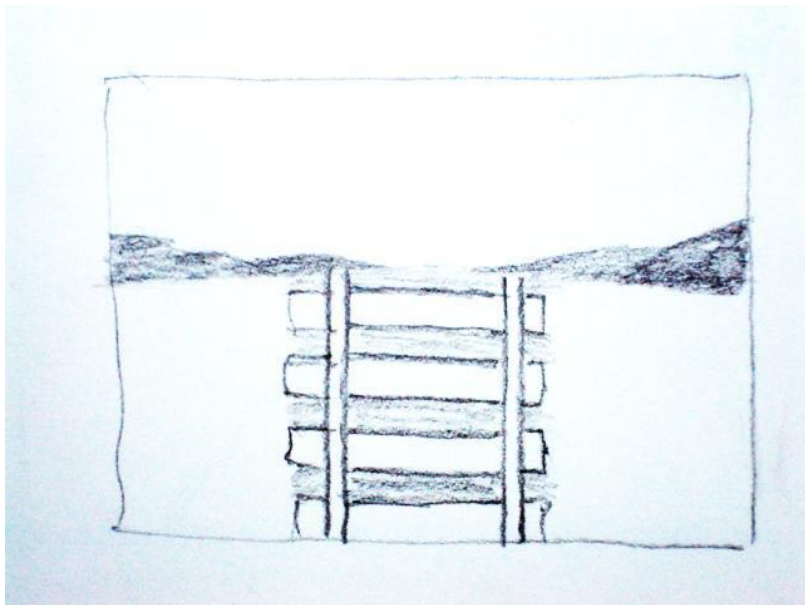
- геометрические перспективные трансформации;
- воздушная перспектива;
- масштабные ориентиры;
- интерпозиция(окклюзия);
- распределение светотеней;
- градиент текстуры;
- аккомодационное усилие;
- моноккулярный параллакс движения



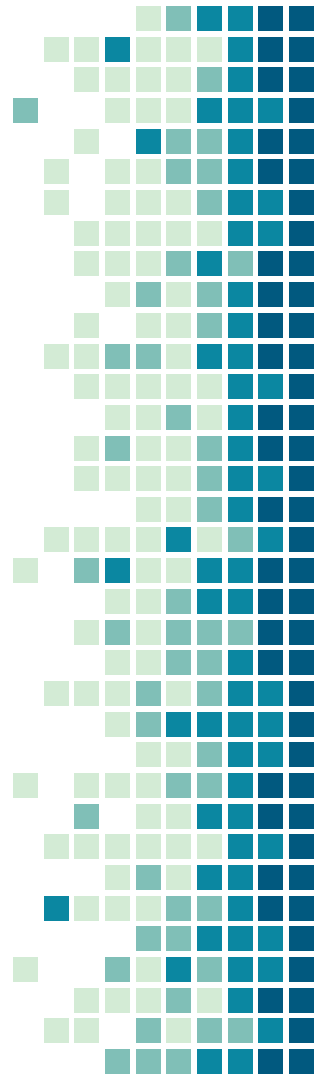
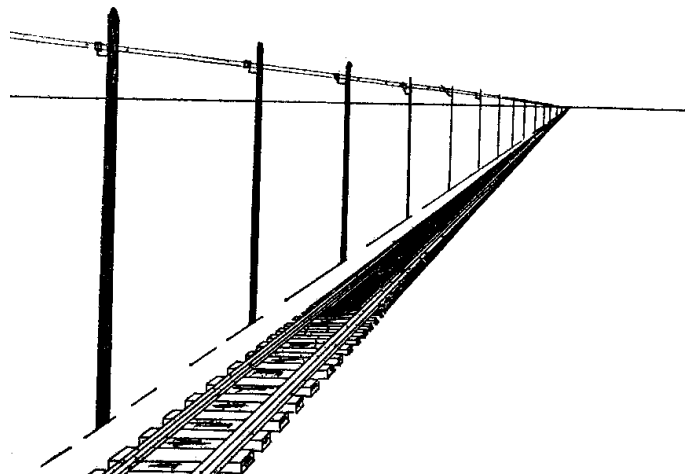
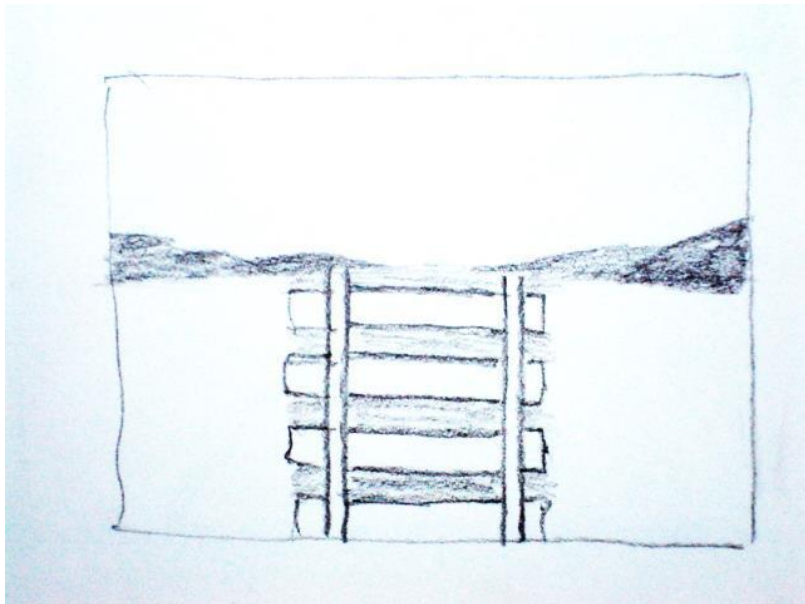
Линейная перспектива



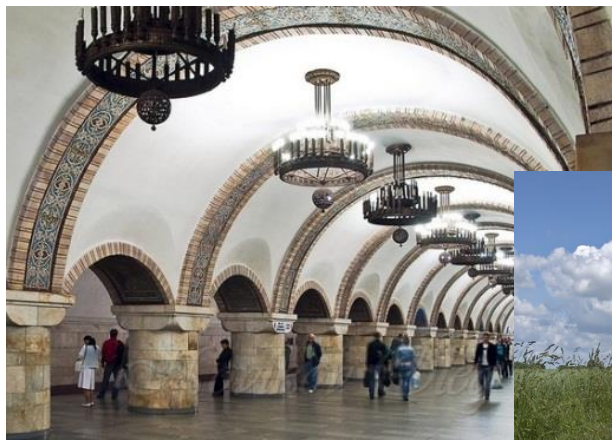
Линейная перспектива



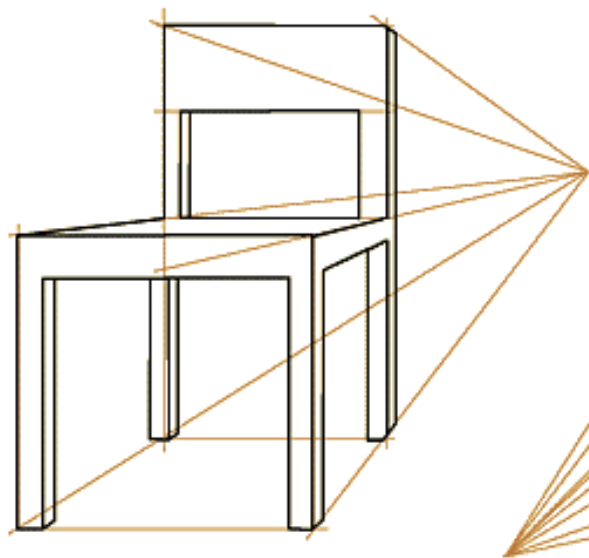
Линейная перспектива



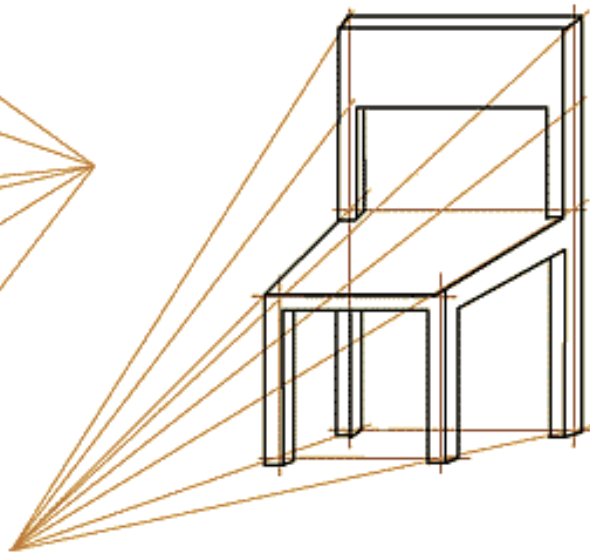
Линейная перспектива



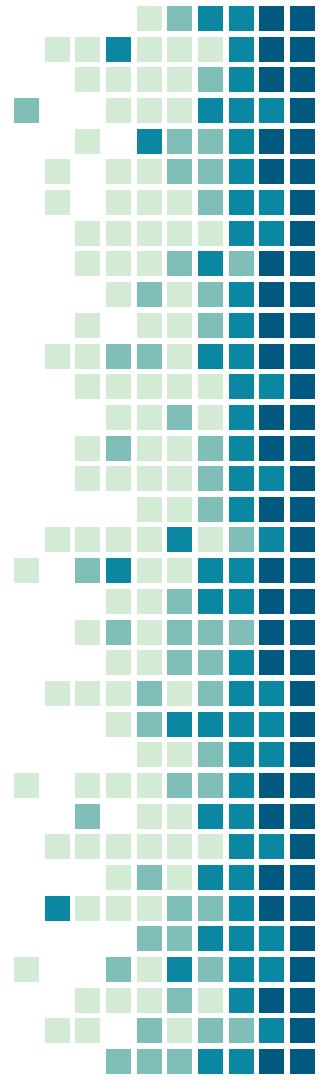
Обратная перспектива воспринимается противоестественно.



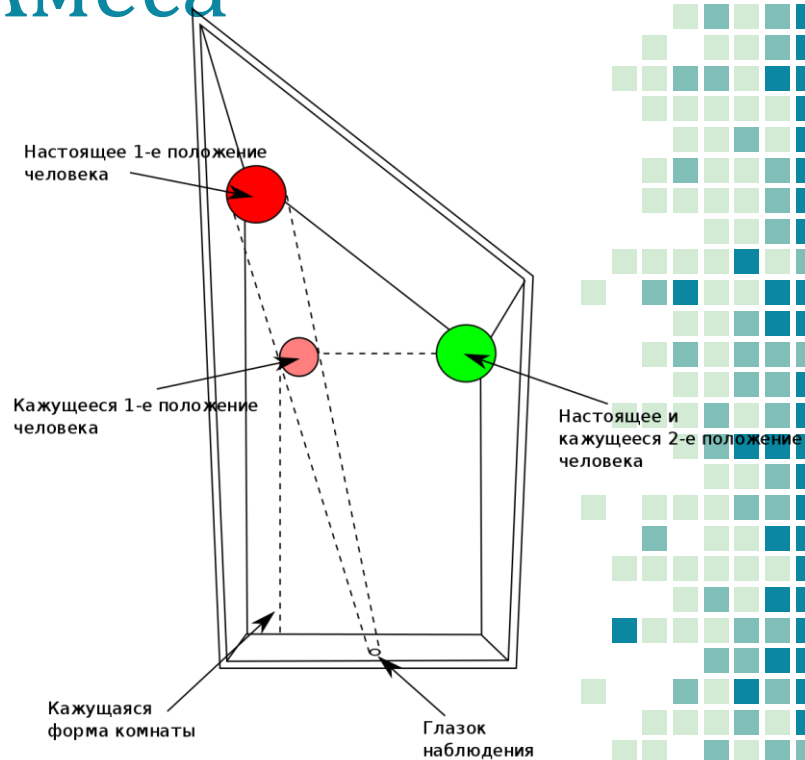
Прямая перспектива



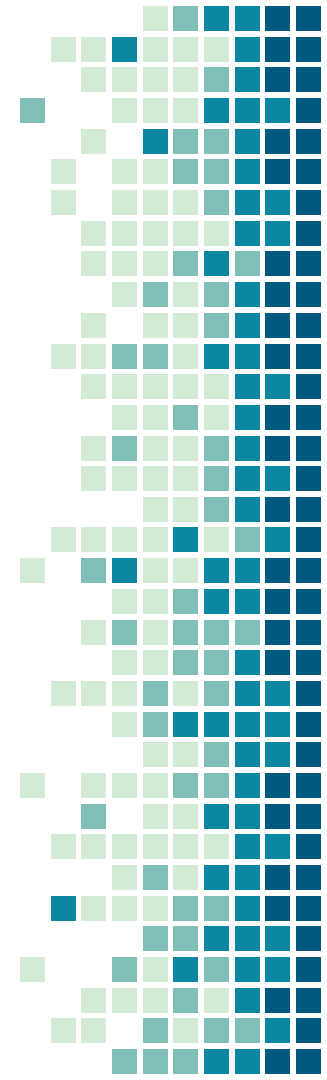
Обратная перспектива



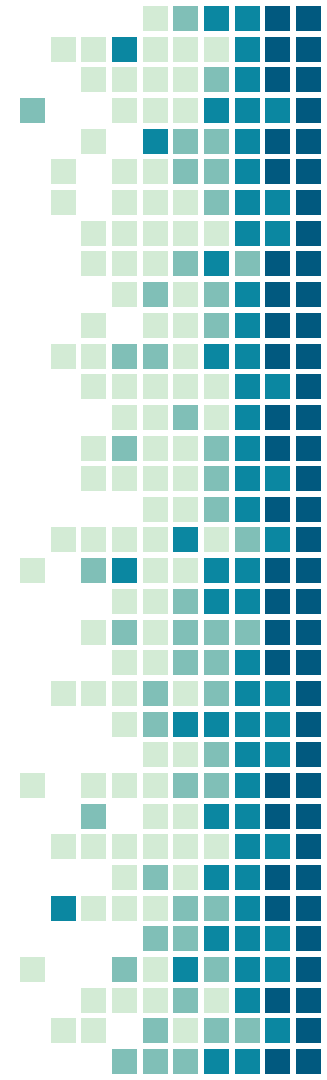
Иллюзия комнаты Амеса



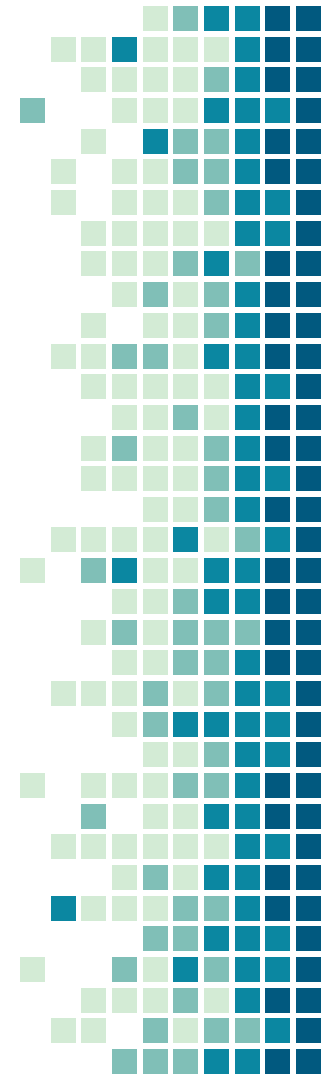
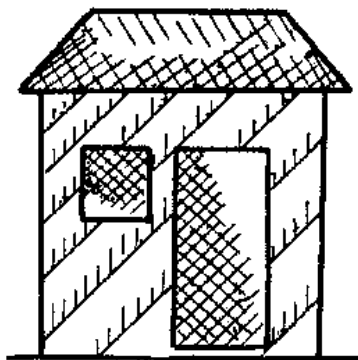
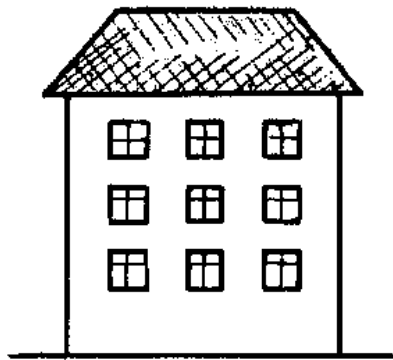
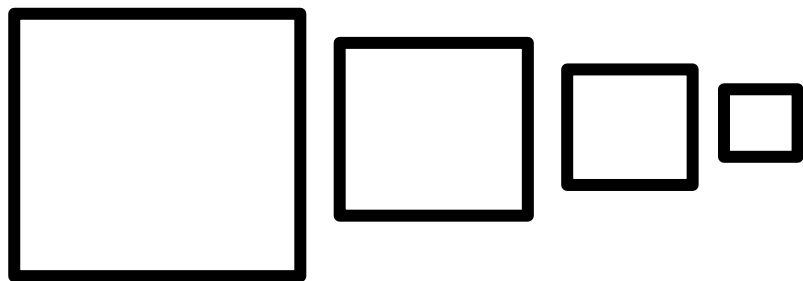
Воздушная перспектива



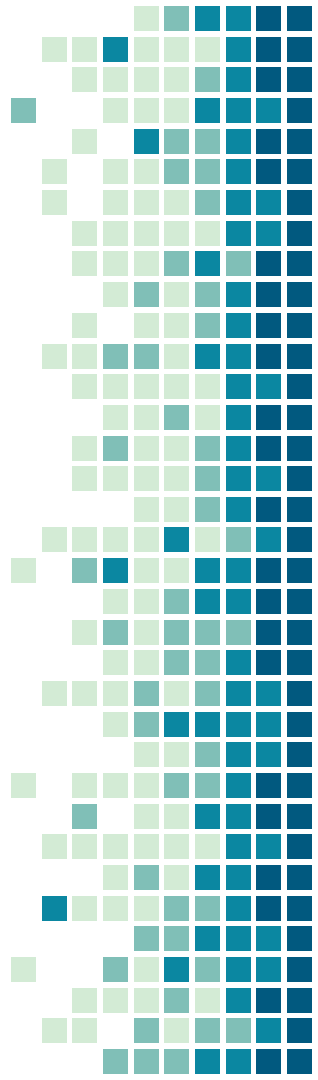
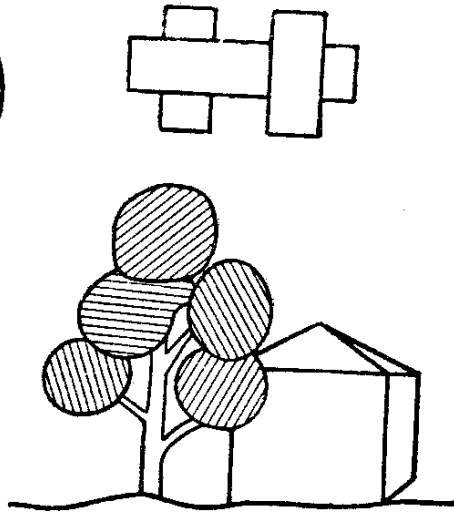
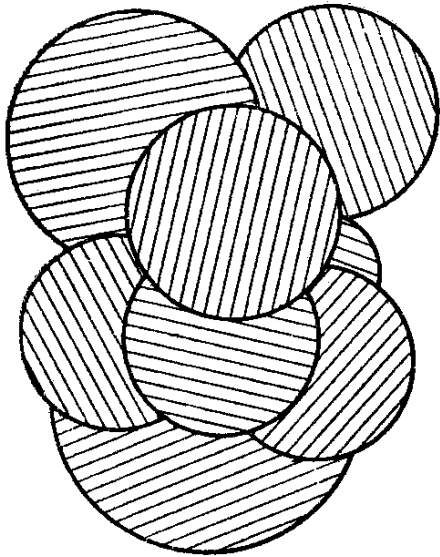
Воздушная перспектива



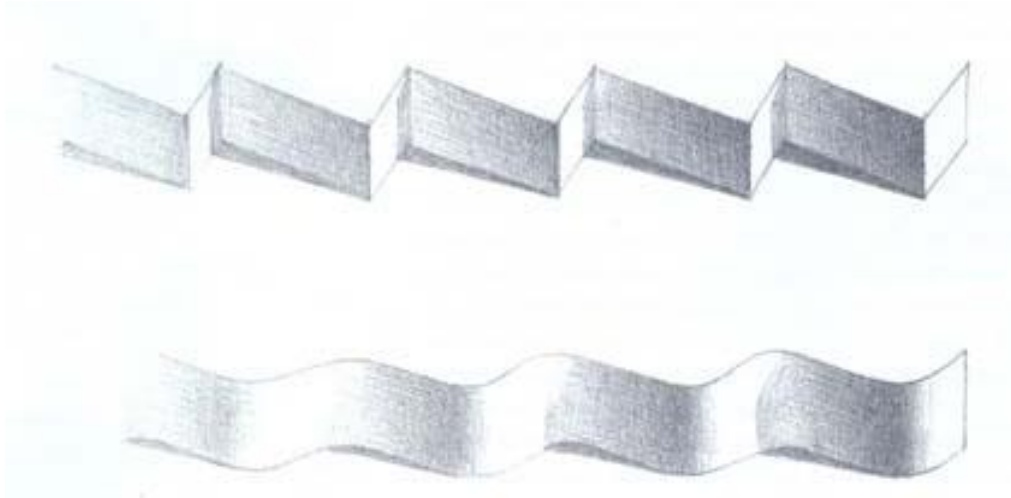
Масштабные ориентиры (видимые относительные размеры объектов)



Интерпозиция (частичное перекрывание предметов)



Распределение светотеней



Распределение светотеней

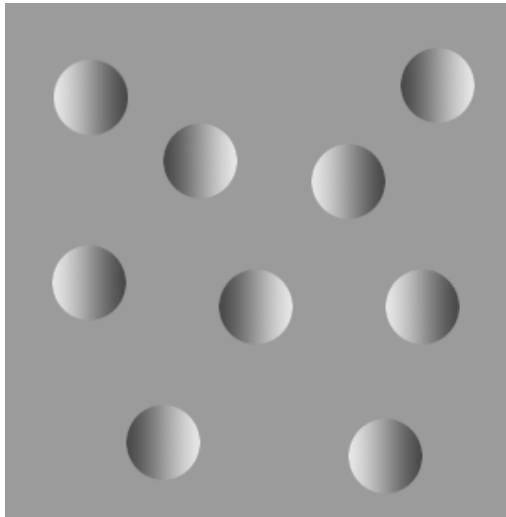


Рис.1

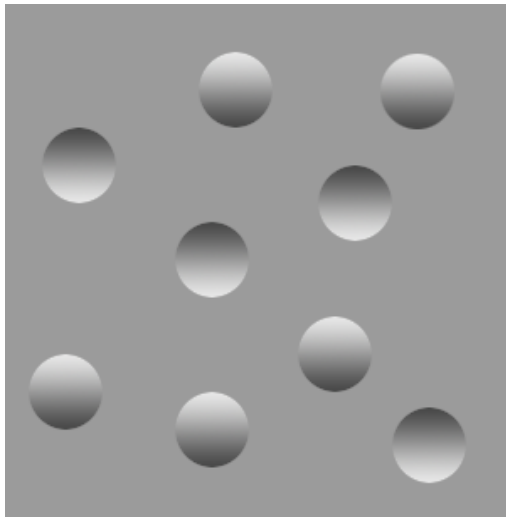


Рис.2

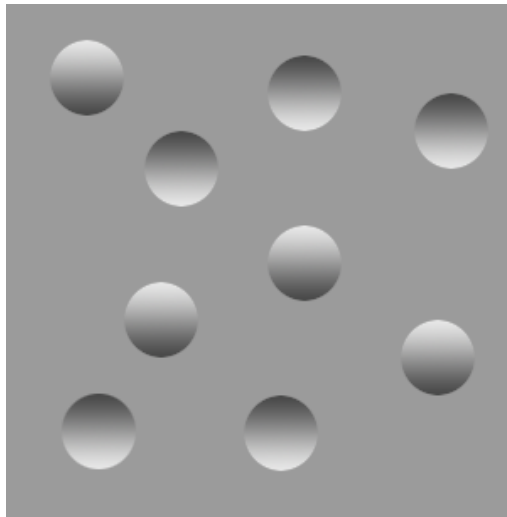
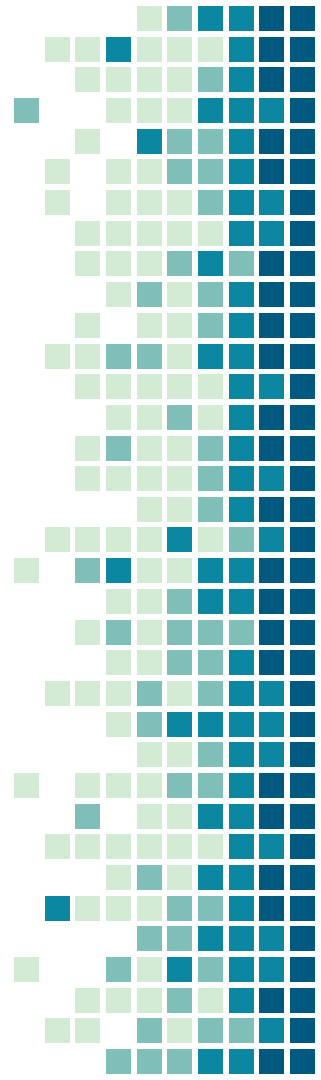
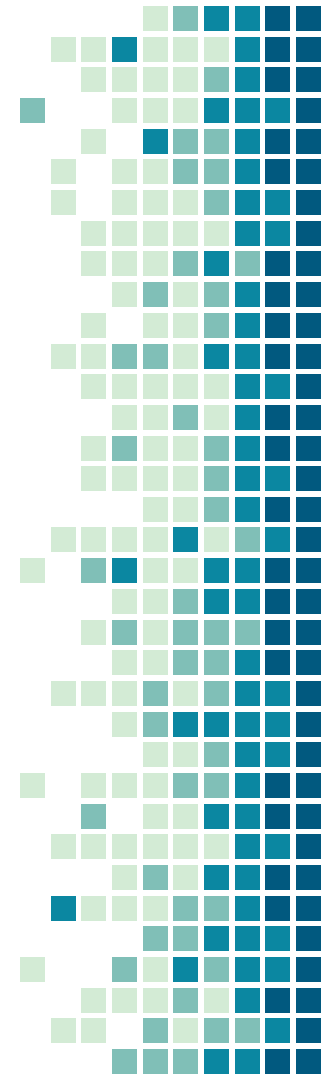


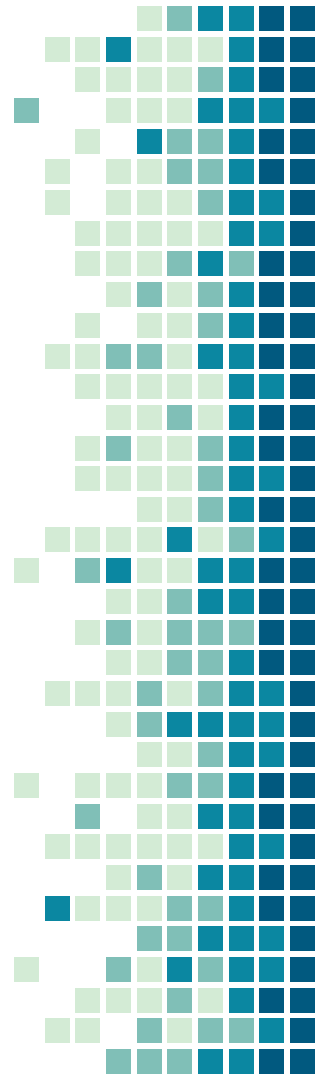
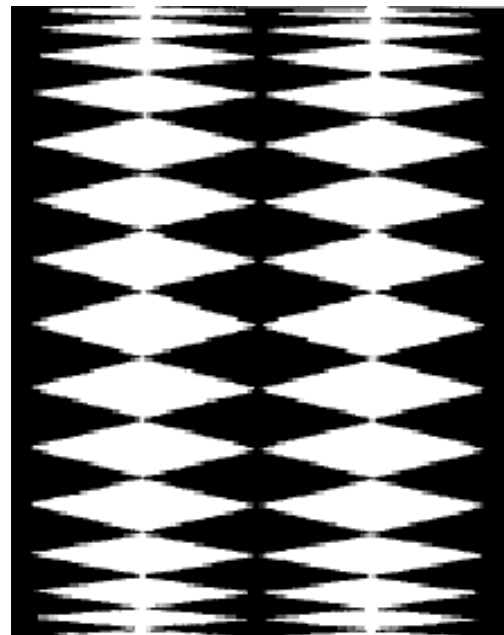
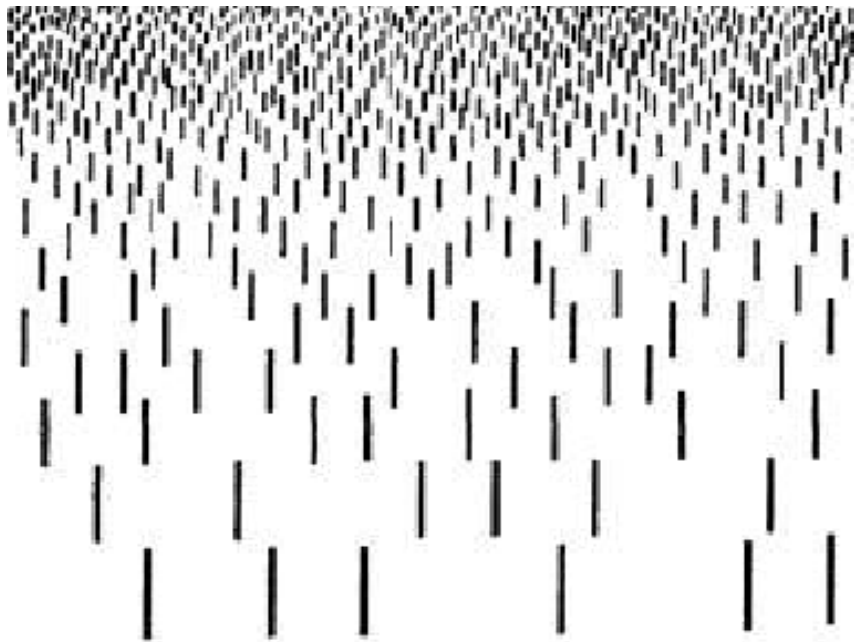
Рис.3



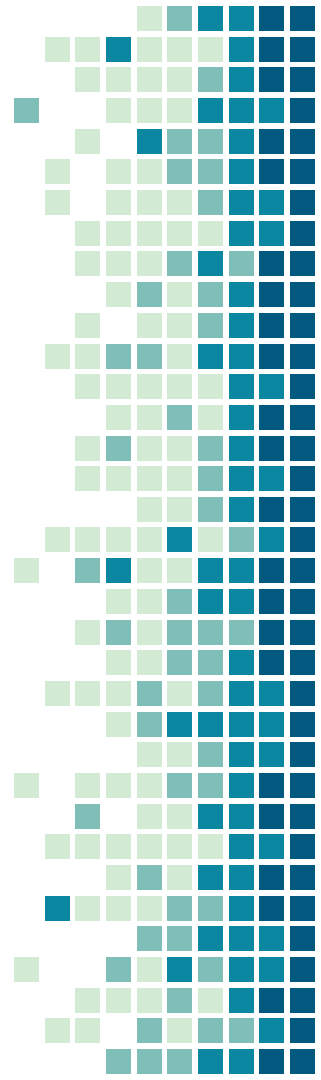
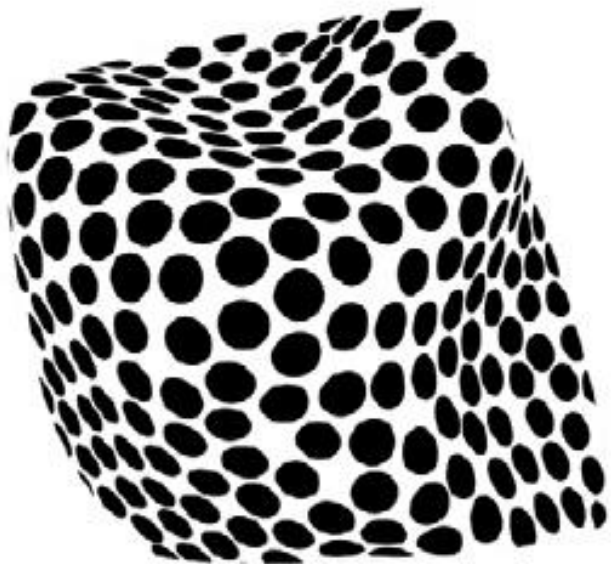
Распределение светотеней



Градиент текстуры



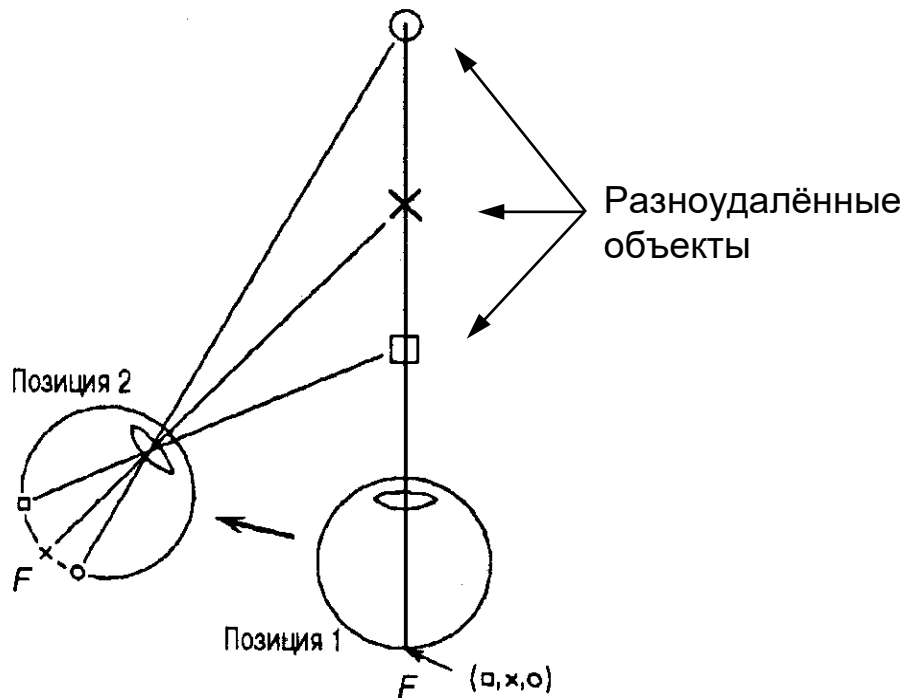
Градиент текстуры



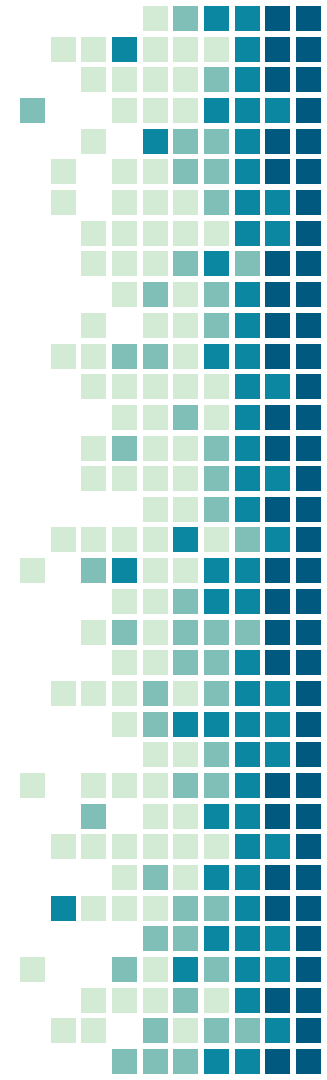
Изменение аккомодационного усилия



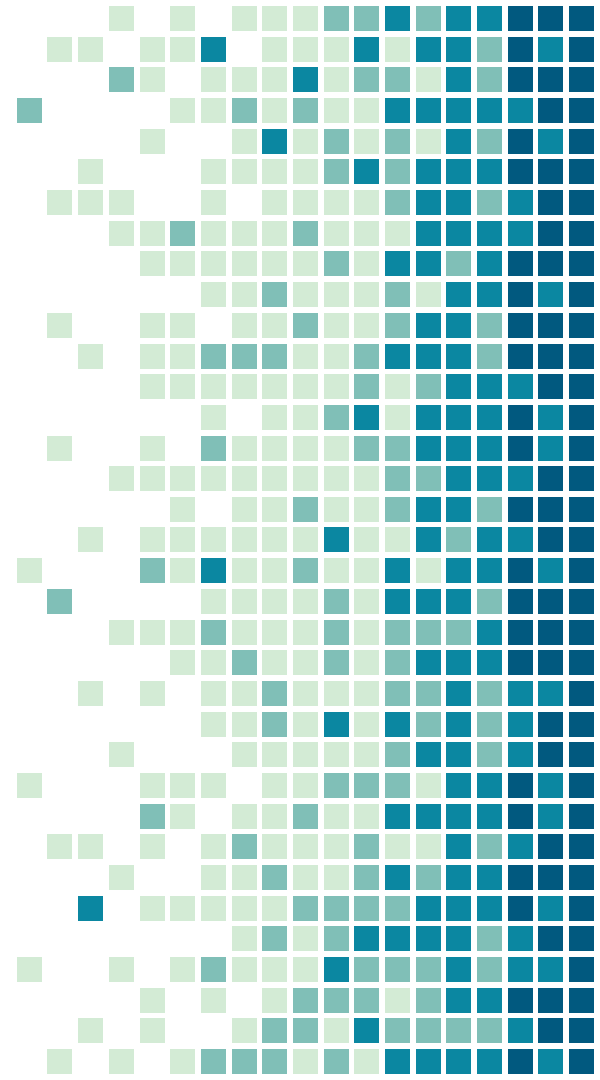
Моноккулярный параллакс движения



Монокулярный параллакс движения



2. Бинокулярные факторы пространственного зрения



Стереопсис

Бинокулярное зрение – это зрение двумя глазами с формированием единого образа на основе совместной переработки информации, поступающей от обоих глаз.

Стереоскопическое зрение – способность определять объемную форму и глубину на основе различия двух сетчаточных изображений.



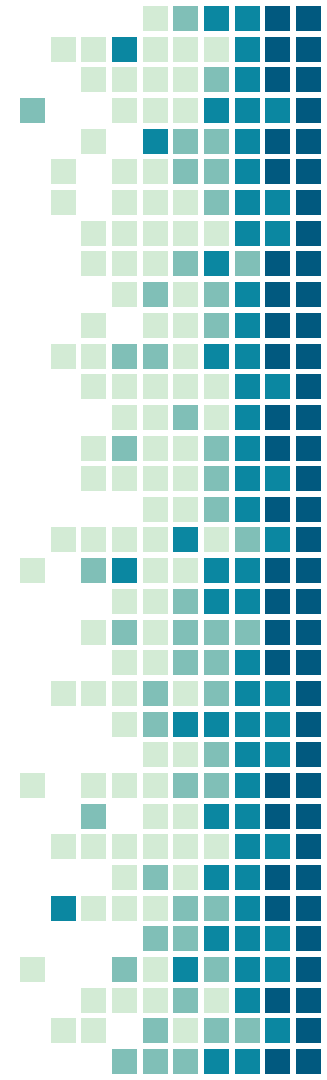
Схема взаимоотношений терминов, используемых в литературе

Монокулярное зрение

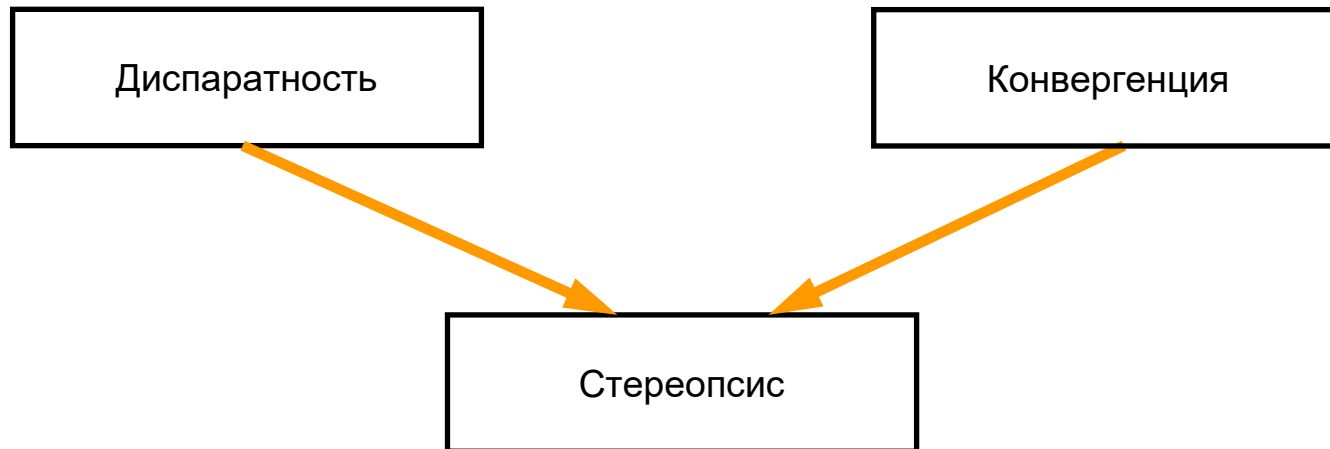
Бинокулярное зрение

Стереопсис
Стереозрение
Глубинное зрение
Пространственное зрение

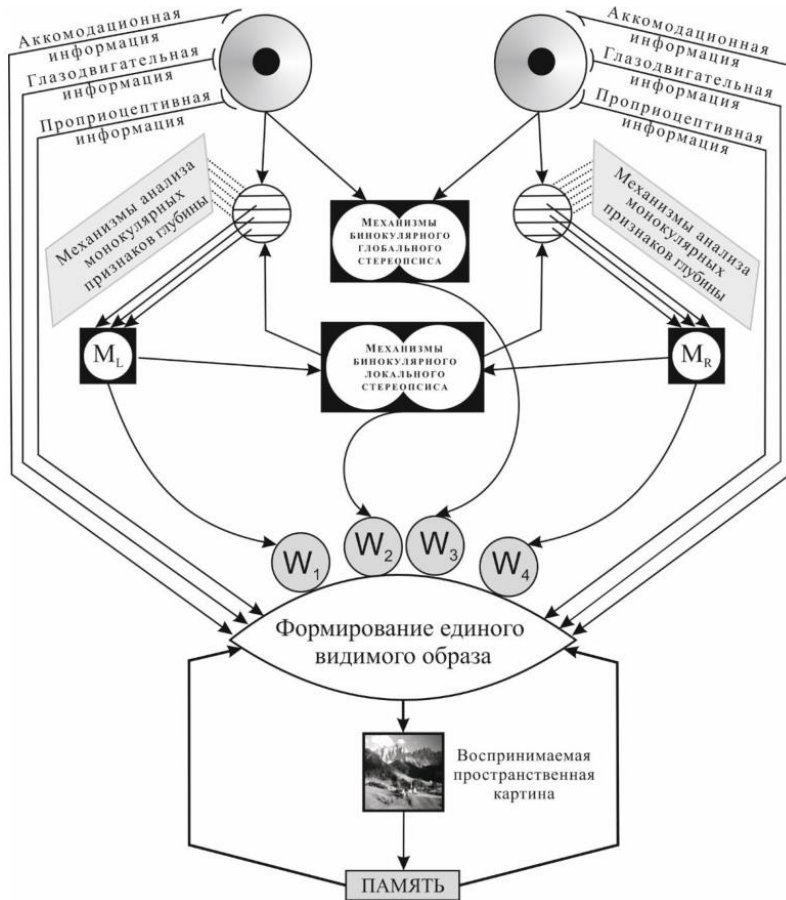
Стереоскопическое зрение



Стереопсис



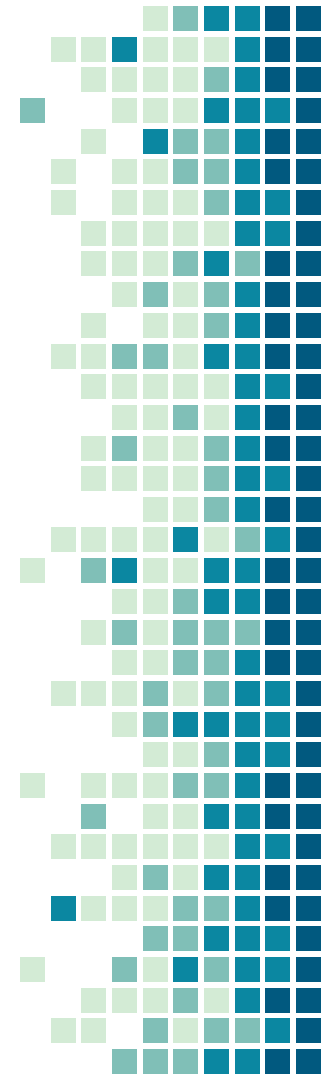
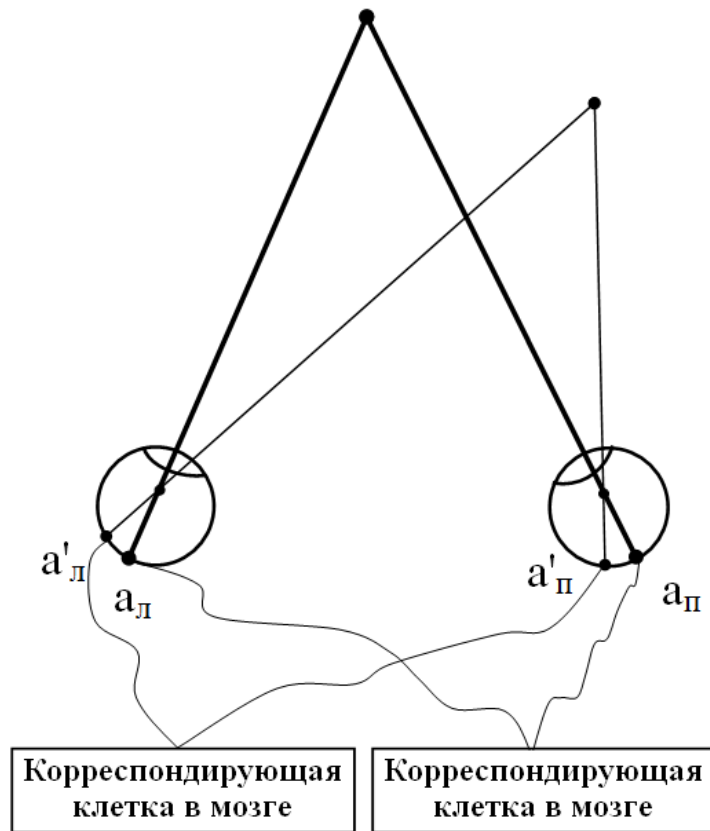
Упрощенная схема функциональных отношений между параллельными механизмами стереозрения



MR, ML - монокулярные подсистемы стереопсиса

W₁ , W₂ , W₃ , W₄ – весовые коэффициенты вклада различных подсистем в формирование видимого образа.

Корреспондирующие точки



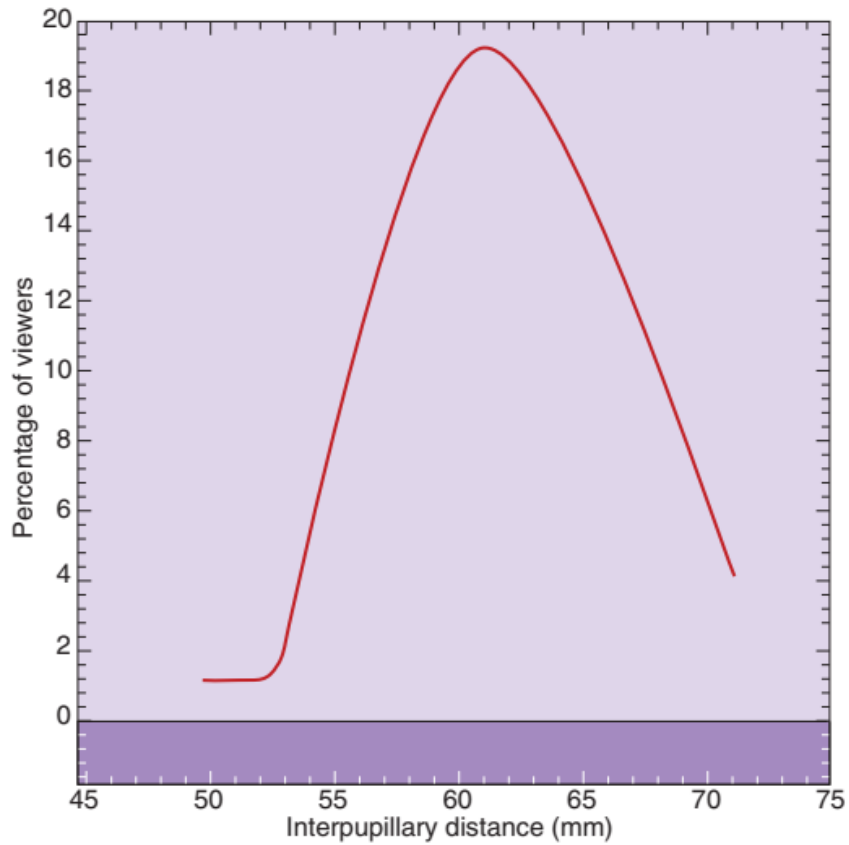


Figure 3.4 Distribution of interpupillary distance in adults.

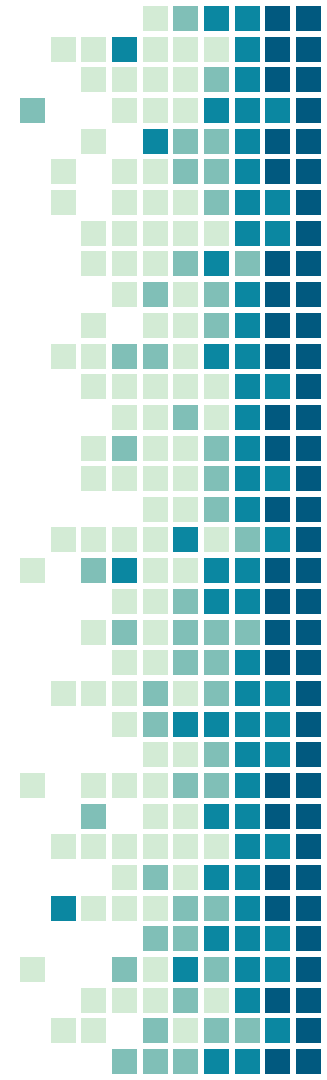
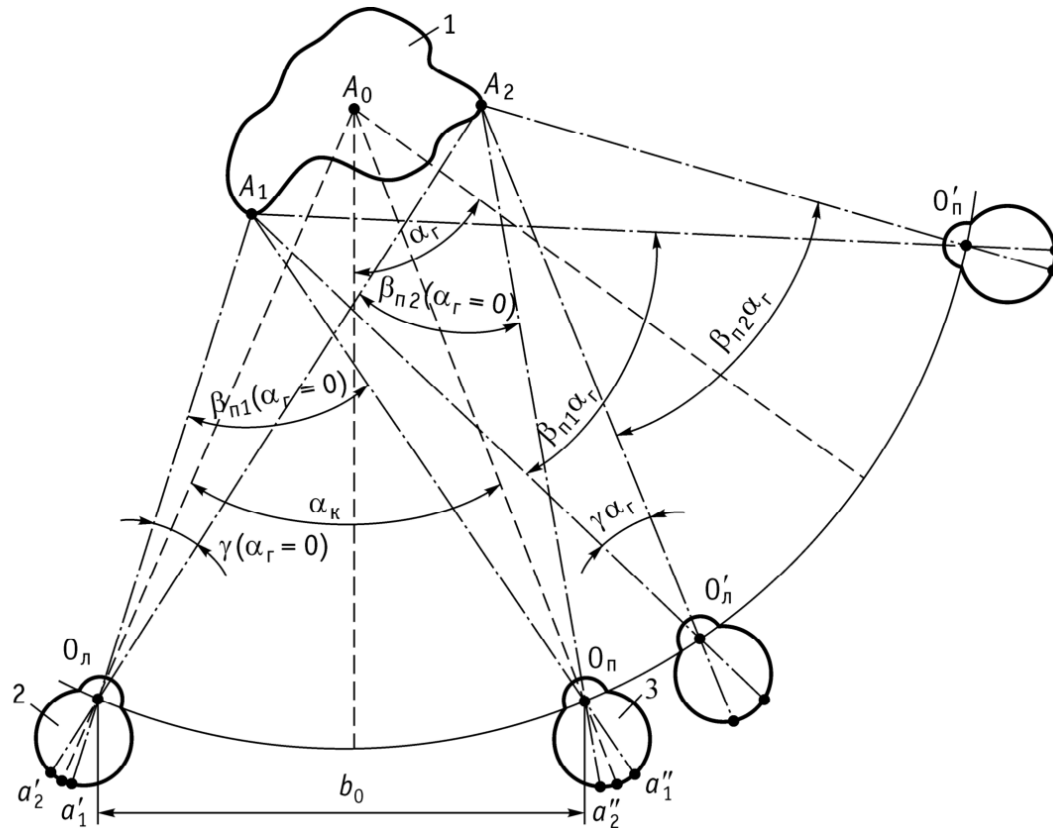
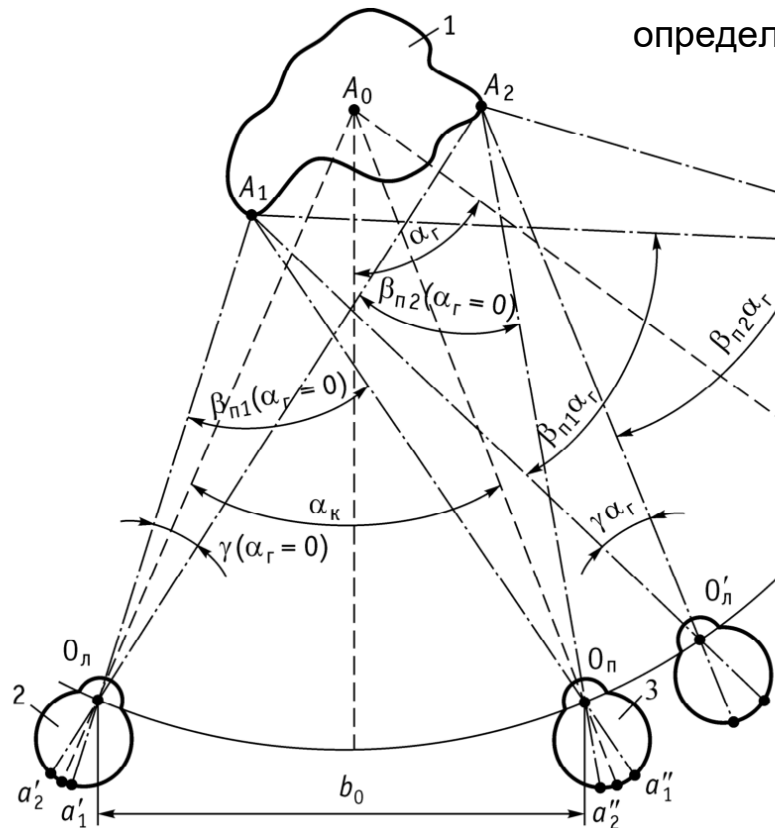


Схема бинокулярного видения



Основные параметры бинокулярного зрения. Бинокулярный параллакс.



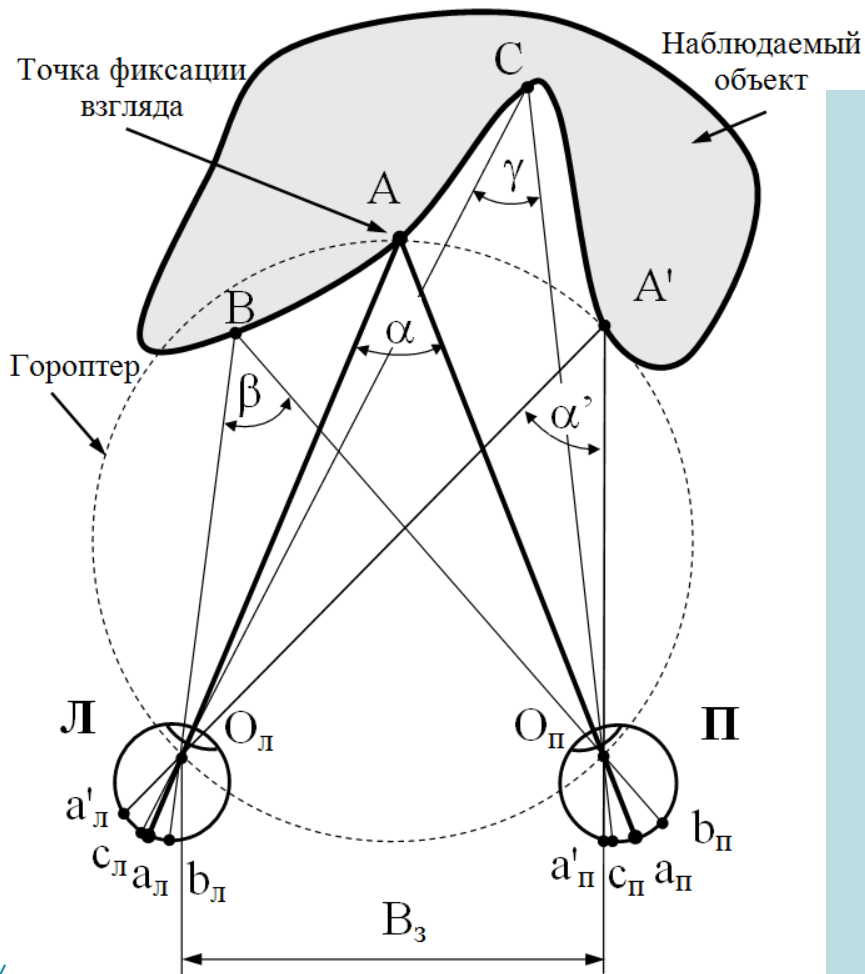
определяется разностью параллактических углов

$$\Delta\beta_{\Pi} = \beta_{\Pi 2} - \beta_{\Pi 1}$$

или разностью расстояний между проекциями одних и тех же точек объекта

$$p = a'_2 a'_1 - a''_2 a''_1 \approx f_{\Gamma} \Delta\beta_{\Pi},$$

f_{Γ} – фокусное расстояние глаза



Параллакс для точки В:

$$\delta_B = a_L \overline{O_L b_L} - a_P \overline{O_P b_P} = \alpha - \beta$$

или

$$P_B = \overline{a_L b_L} - \overline{a_P b_P}.$$

Параллакс для точки С:

$$\begin{aligned} \delta_C &= -a_L \overline{O_L c_L} - (-a_P \overline{O_P c_P}) = \\ &= a_P \overline{O_P c_P} - a_L \overline{O_L c_L} = \alpha - \gamma \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} P_C &= -\overline{a_L c_L} - (-\overline{a_P c_P}) = \\ &= \overline{a_P c_P} - \overline{a_L c_L}. \end{aligned}$$

Параллакс для точки А':

$$\begin{aligned} \delta_{A'} &= -a_L \overline{O_L a'_L} - (-a_P \overline{O_P a'_P}) = \\ &= a_P \overline{O_P a'_P} - a_L \overline{O_L a'_L} = \alpha - \alpha' = 0 \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} P_{A'} &= -\overline{a_L a'_L} - (-\overline{a_P a'_P}) = \\ &= \overline{a_P a'_P} - \overline{a_L a'_L} = 0 \end{aligned}$$

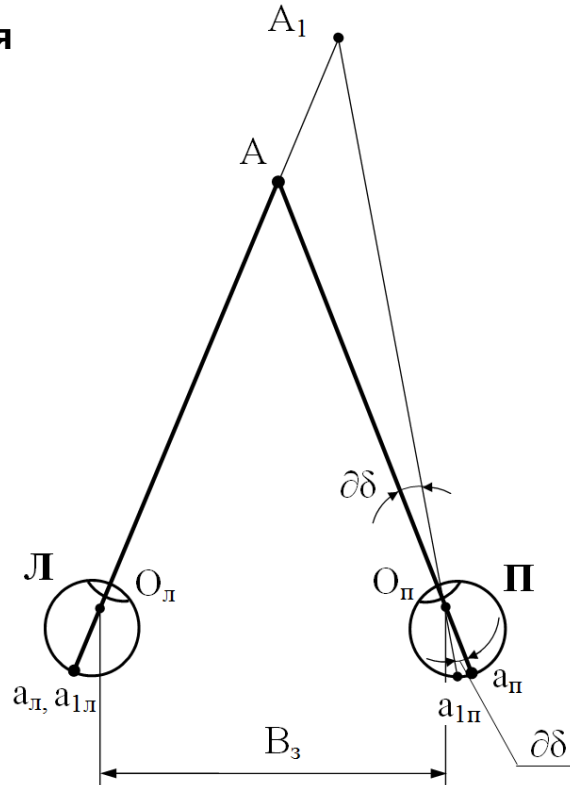
Пределы стереовосприятия

Порог стереоскопического зрения

$$\partial\delta_{\min} = 10'' - 30''$$

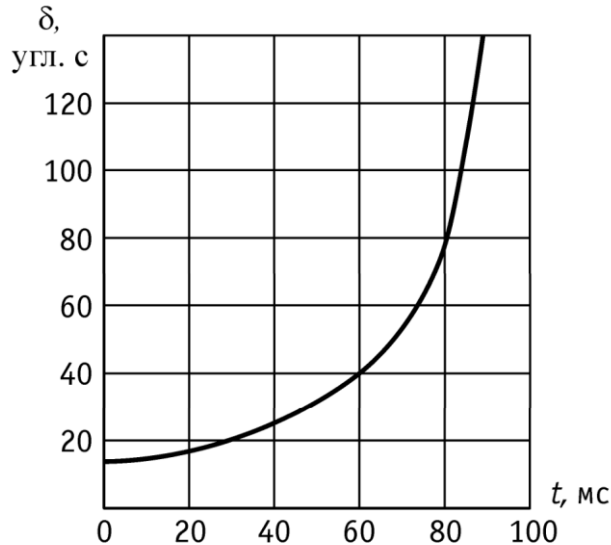
Порог диплопии

$$\partial\delta_{\max} = 60' - 70'$$

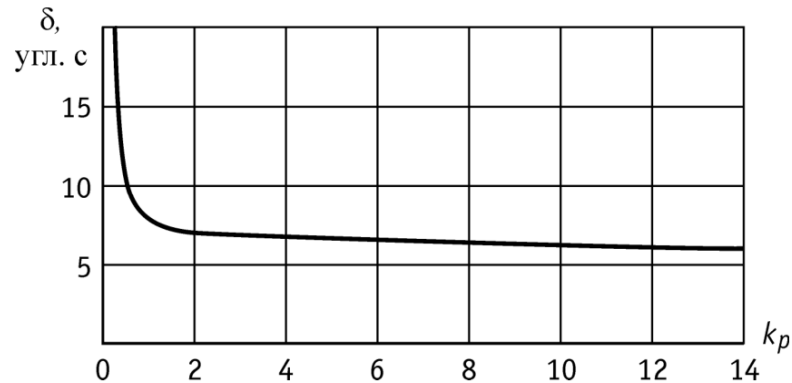


Пределы стереовосприятия. Порог стереоскопического зрения

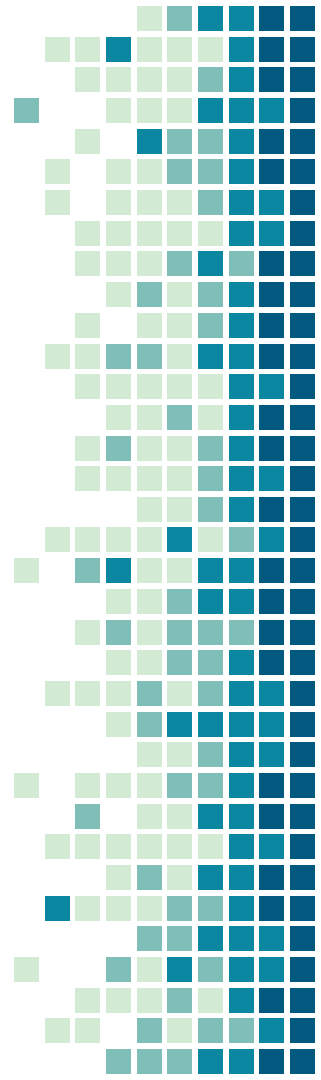
Влияние задержки между моментами предъявления изображений стереопары на порог глубинного зрения



Влияние отношения вертикального размера объекта к горизонтальному в изображении на порог глубинного зрения



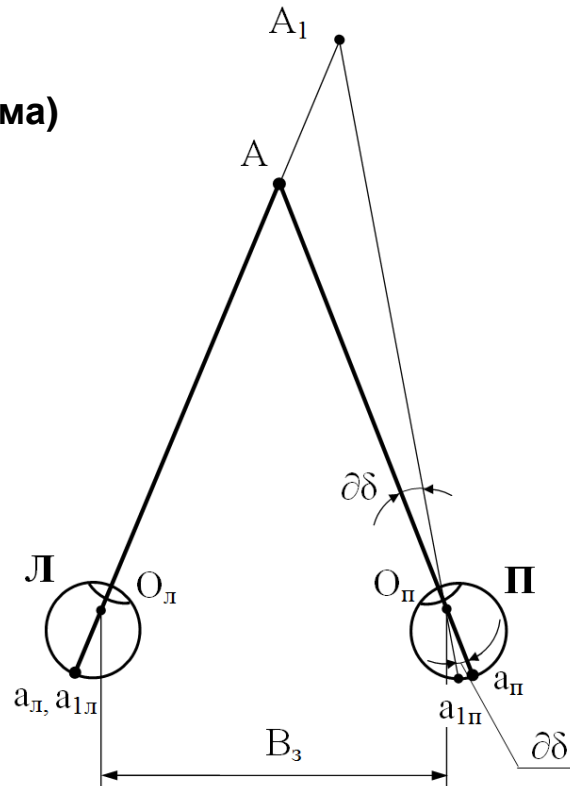
Пределы стереовосприятия. Порог стереоскопического зрения



Пределы стереовосприятия

Порог диплопии (зона Панума)

$$\partial\delta_{\max} = 50' - 70'$$



Пределы стереовосприятия

Порог различения глубины

Найдем связь между величиной ∂Z и приращением угла $\partial\alpha$.

Из треугольника $O_n A O_n$:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{B_3}{2Z} .$$

Т.к. углы конвергенции малы, то

$$\operatorname{tg} (\alpha/2) \approx \alpha/2.$$

Тогда

$$\alpha = \frac{B_3}{Z} \quad (1).$$

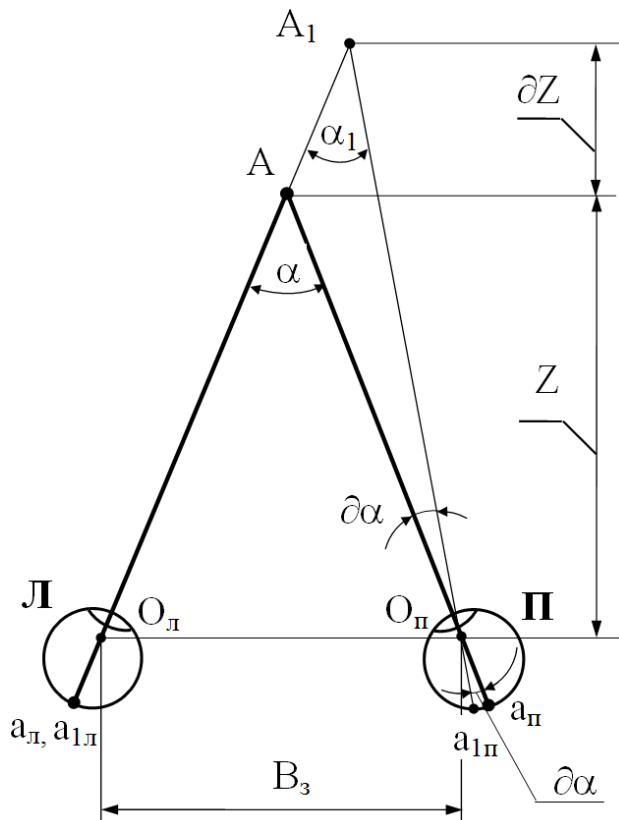
Продифференцируем (1) по величине удаленности Z .

$$\partial\alpha = -\frac{B_3}{Z^2} \partial Z$$

Откуда

$$\partial Z = -\frac{Z^2}{B_3} \partial\alpha . \quad (2)$$

Оценим численно порог различения глубины. Если угол $\partial\alpha$ принять равным величине порога стереоскопического зрения $\partial\delta_{\min}$, т.е. $\partial\alpha = \partial\delta_{\min} = 10'' = 4,85 \cdot 10^{-5}$ рад, то при $B_3 = 0,065$ м и расстоянии до объекта $Z = 1$ м $\partial Z = 0,75$ мм; при $Z = 10$ м $\partial Z = 7,5$ см; при $Z = 100$ м $\partial Z = 7,5$ м.

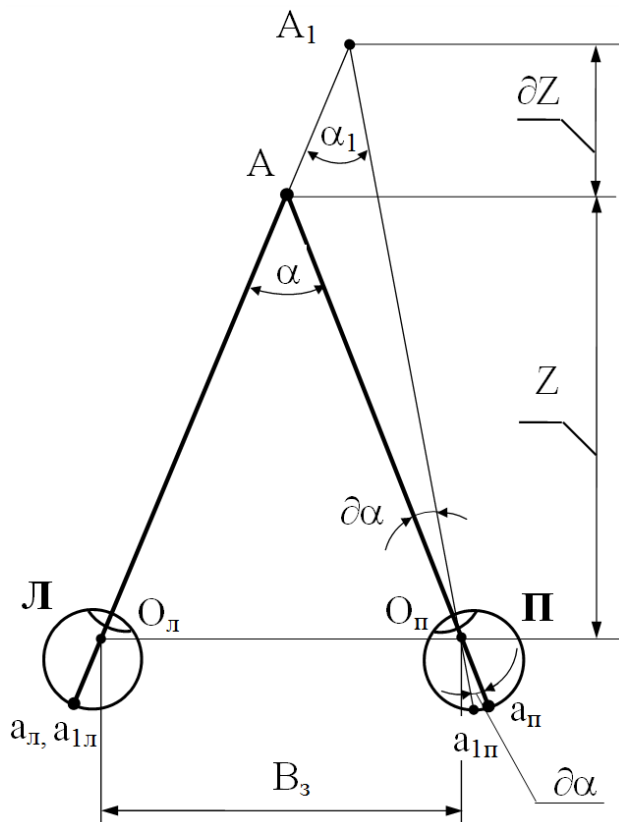
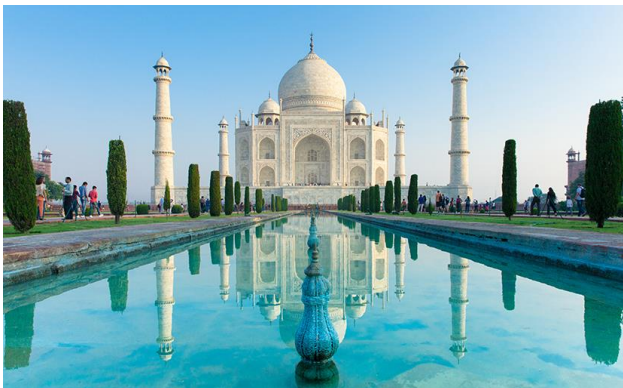


Пределы стереовосприятия

Радиус стереоскопического зрения

Положим, что $\alpha = \partial\delta_{\min} = 10'' = 4,85 \cdot 10^{-5}$ рад.
Тогда из формулы (1) при $B_3 = 0,065$ м получим: $Z = 1340$ м.

Если же принять $\alpha = \partial\delta_{\min} = 30'' = 1,45 \cdot 10^{-4}$ рад,
то получим $Z = 450$ м.



Бинокулярное поле зрения

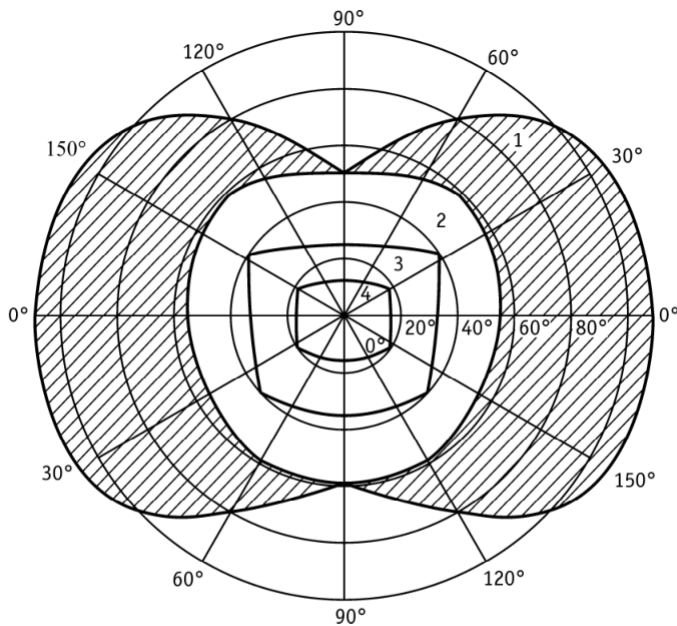
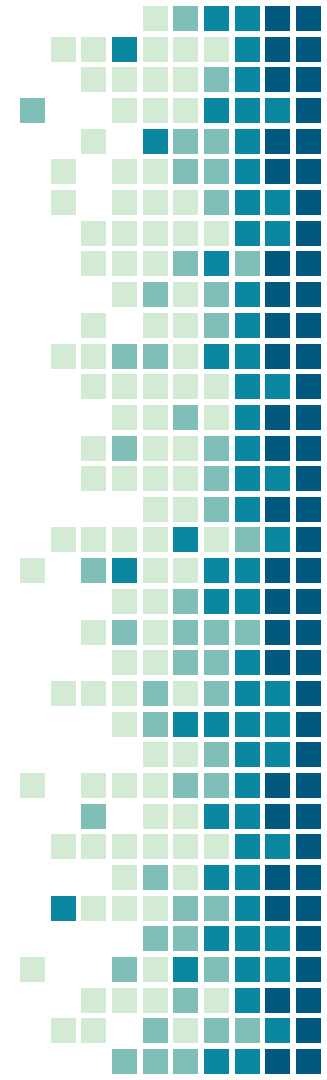


Рис. 1.4 Границы бинокулярного поля зрения

1 – периферические области зрения; 2 – центральный участок; 3 – зона бинокулярного видения цветных изображений; 4 – оптимальная зона восприятия стереоизображений

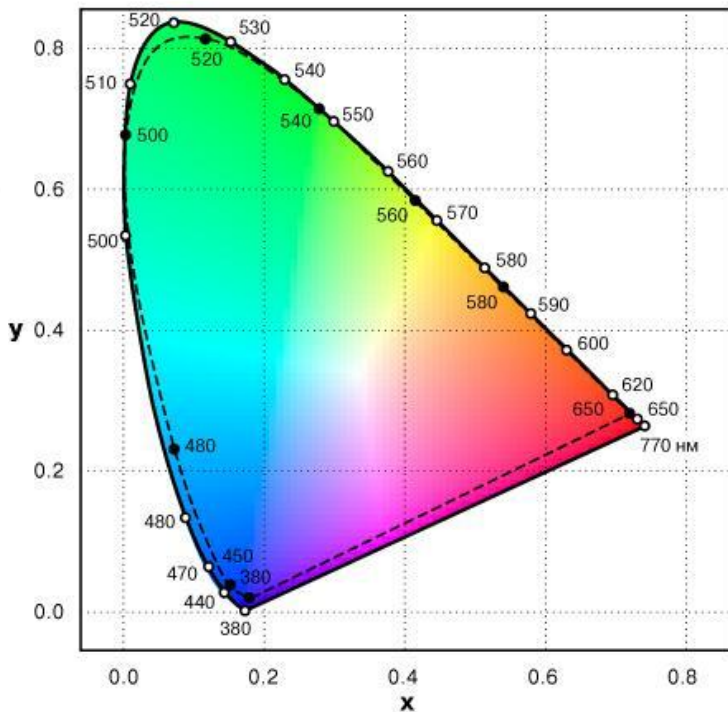


Биноклярное смещение ЦВЕТОВ

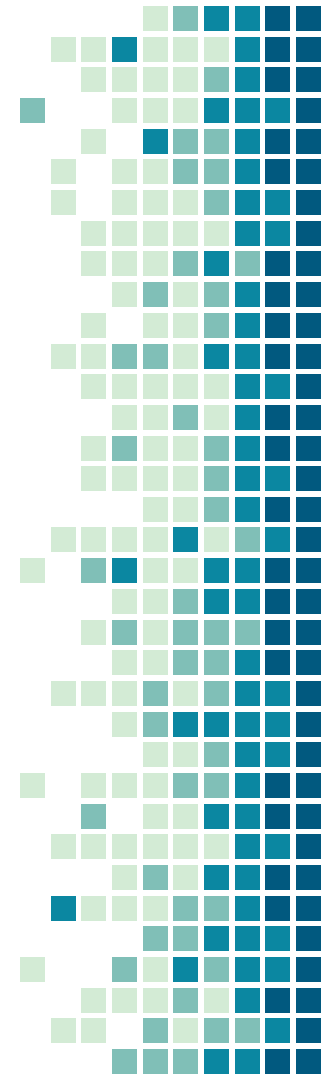
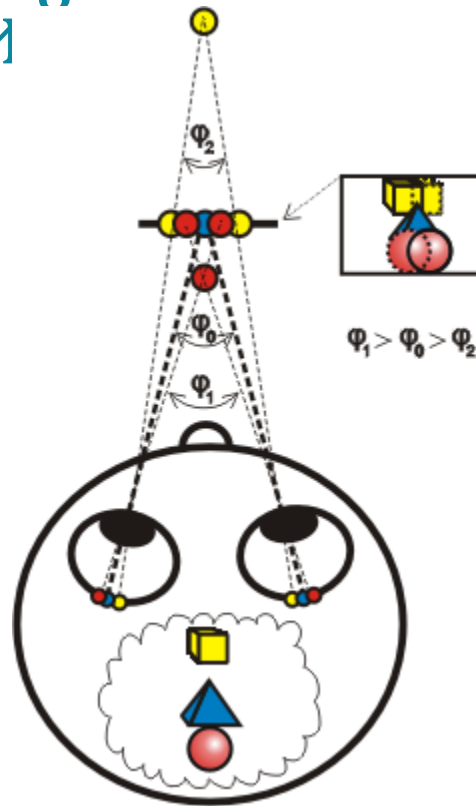
Воспринимаемая результирующая яркость L_{Σ} равна векторной сумме яркостей отдельных изображений, смешиваемых биноклярно

$$L_{\Sigma} = \sqrt{L_{\Pi}^2 + L_{\text{Л}}^2},$$

Где L_{Π} , $L_{\text{Л}}$ – соответственно яркость правого и левого изображений стереопары.

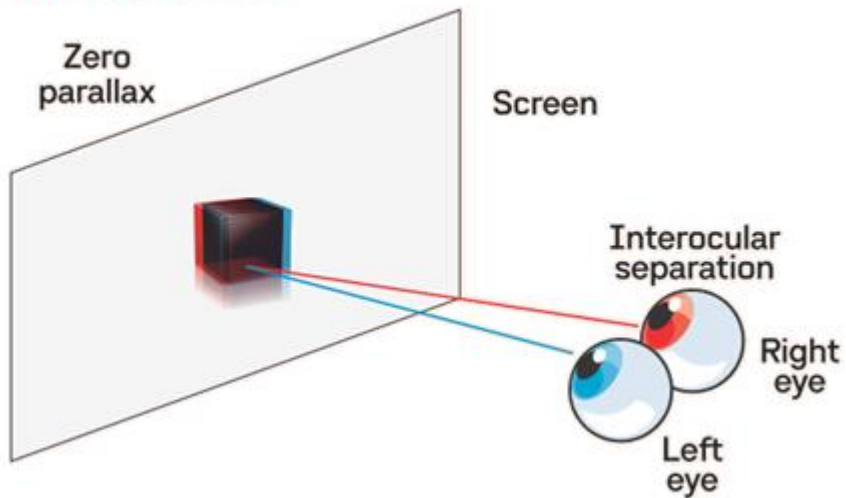


Восприятие объёмных изображений



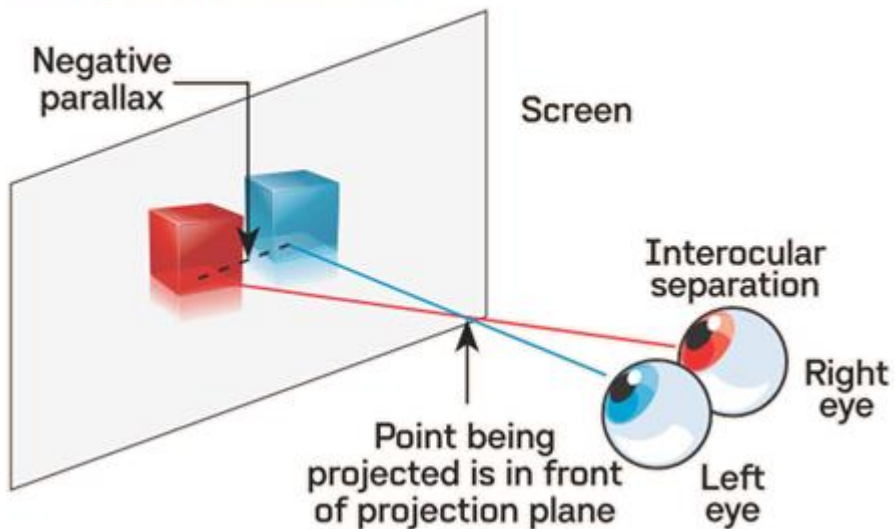
Нулевой параллакс

Zero parallax

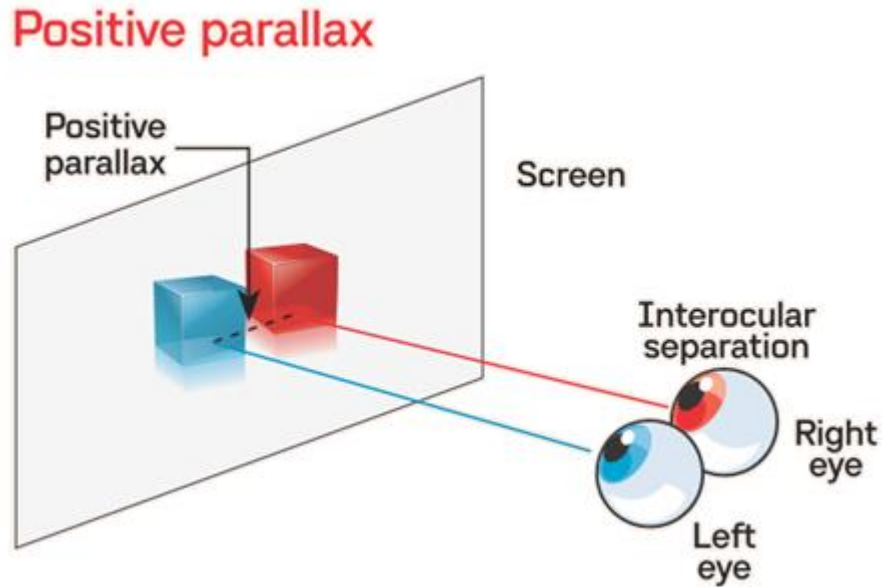


Отрицательный параллакс

Negative parallax

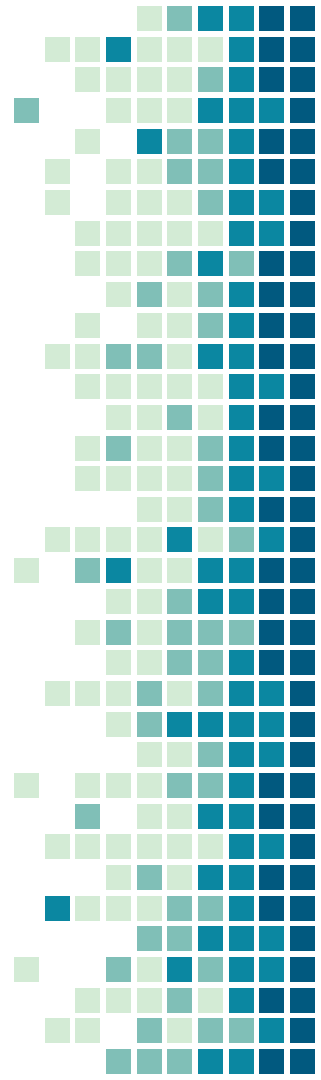
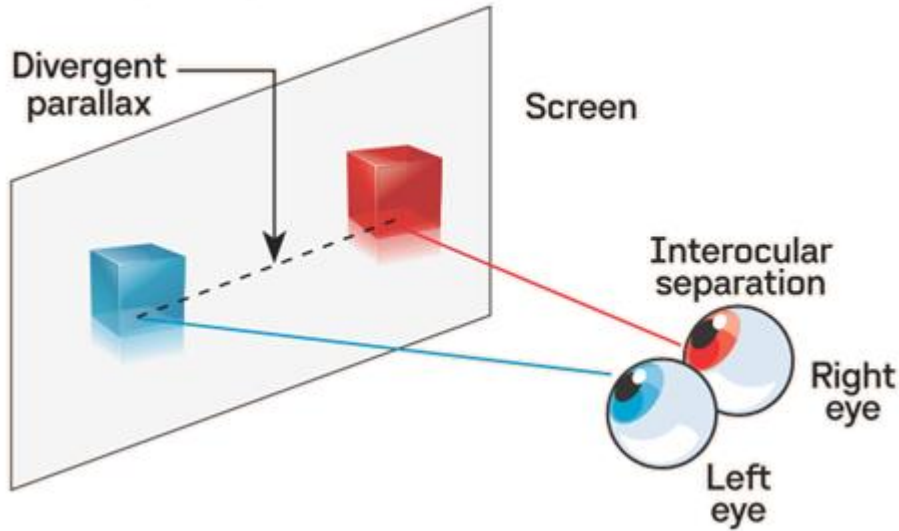


Положительный параллакс

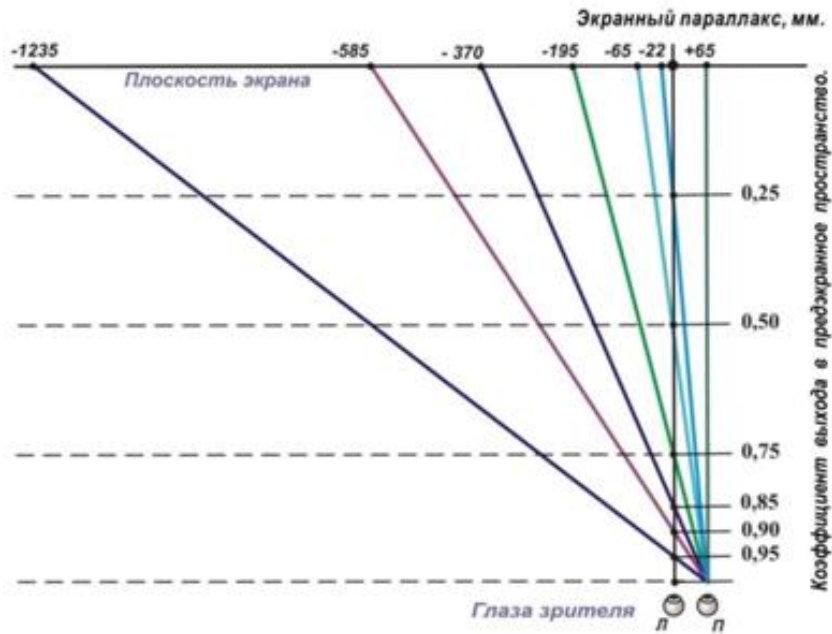


Дивергентный параллакс

Divergent parallax



Связь между величиной отрицательного параллакса и коэффициентом выхода участка изображения в предэкранное пространство



ПАРАЛЛАКС НА
ЭКРАНЕ, ММ

0
-22
-65
-195
-370
-585
-1235

КОЭФФИЦИЕНТ
ВЫХОДА В
ПРЕДЭКРАННОЕ
ПРОСТРАНСТВО

0
0,25
0,50
0,75
0,85
0,90
0,95

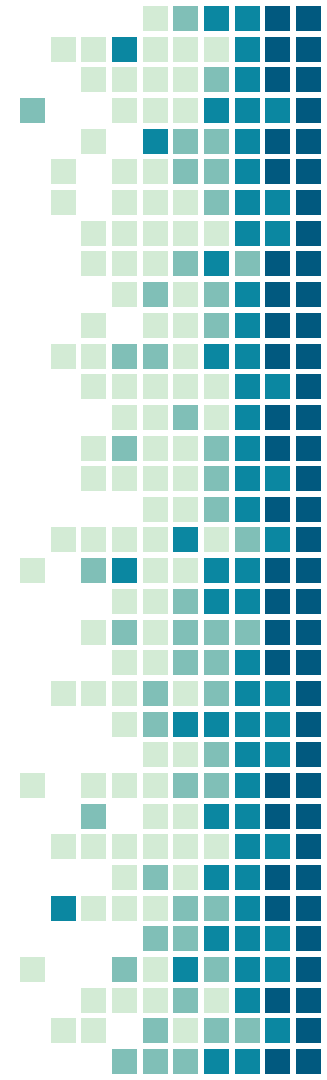
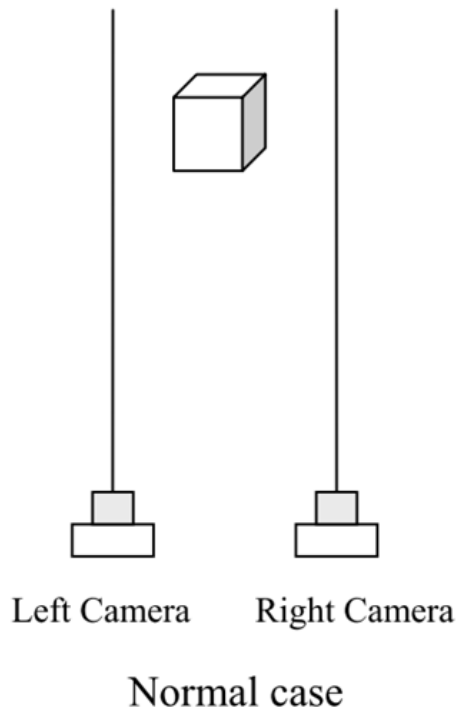
С.Н.Рожков, график

3. Методы и аппаратура создания объемных изображений

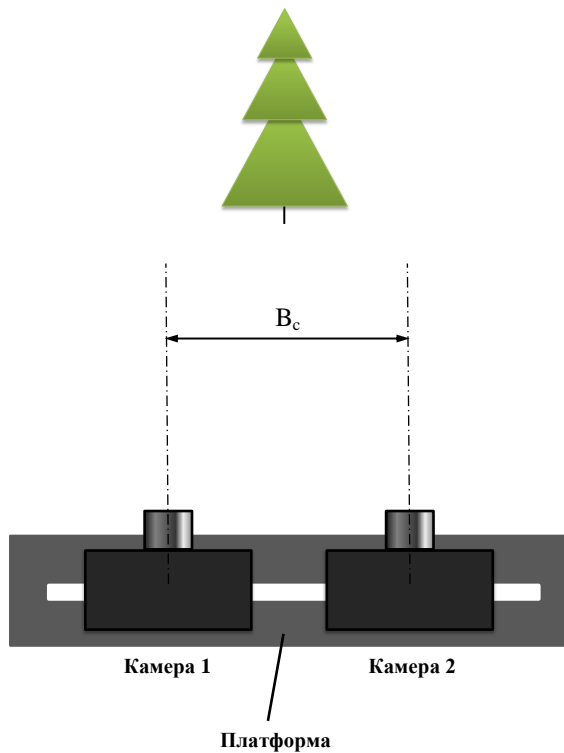
Бинокулярность зрения



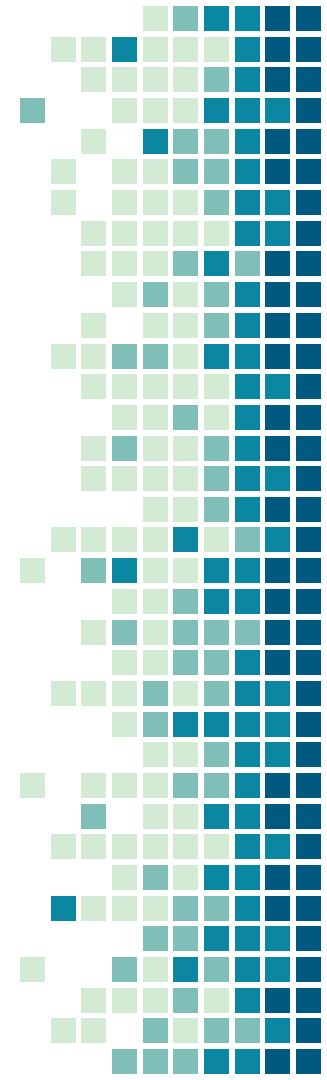
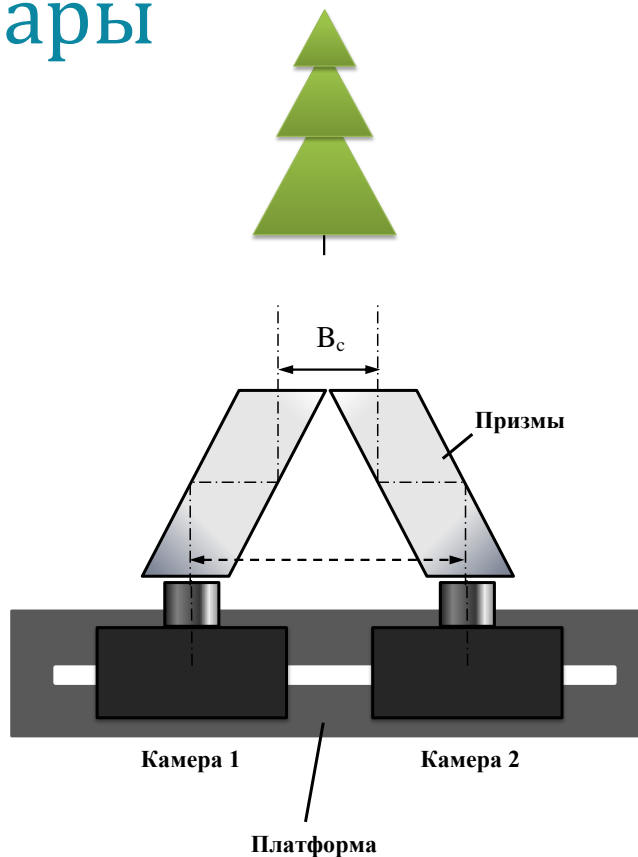
Параллельная стереосъёмка



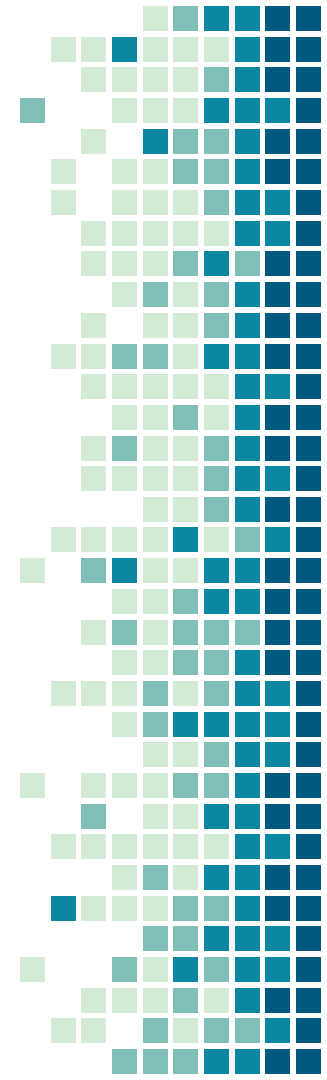
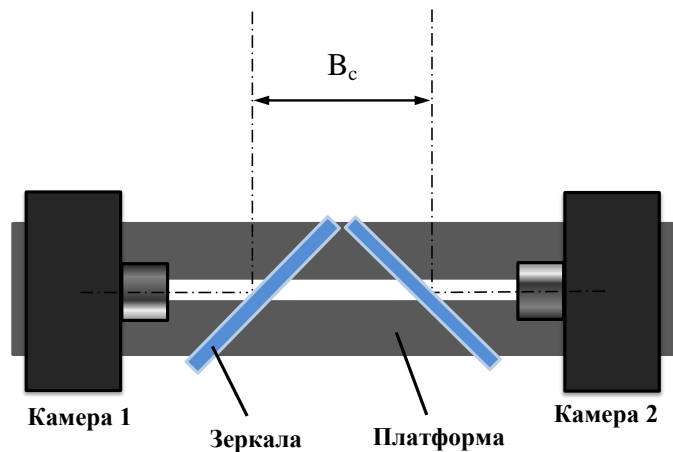
Методы и аппаратура для съемки стереопары



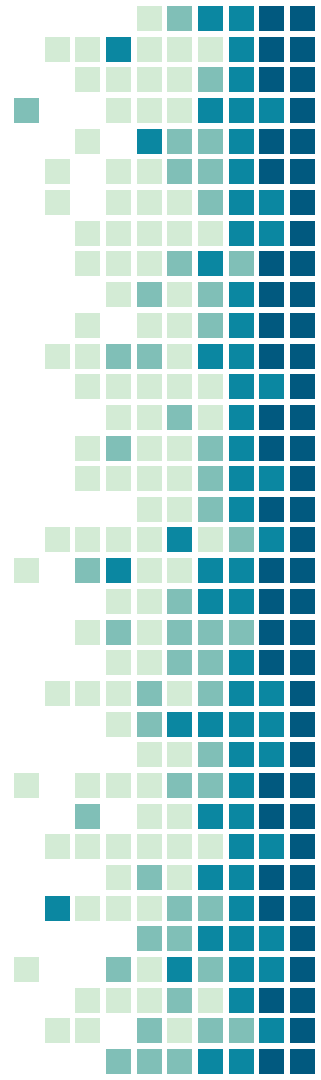
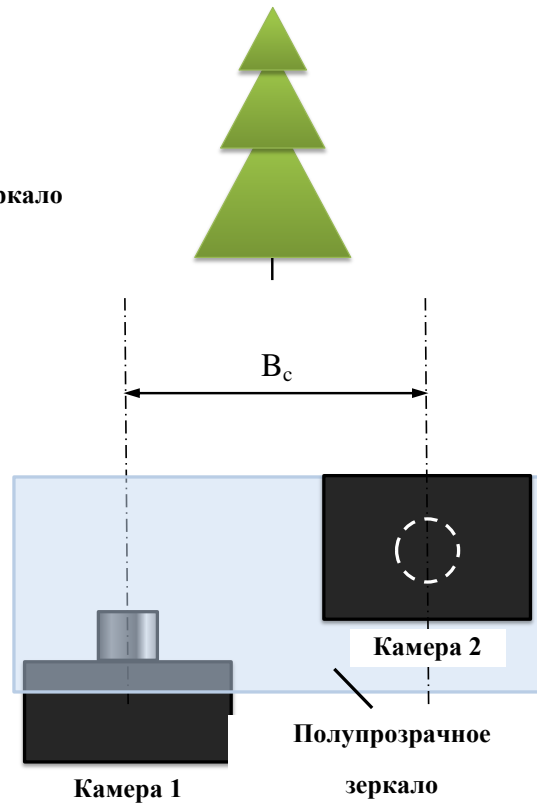
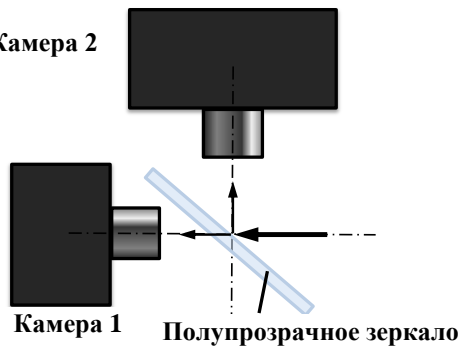
Методы и аппаратура для съёмки стереопары



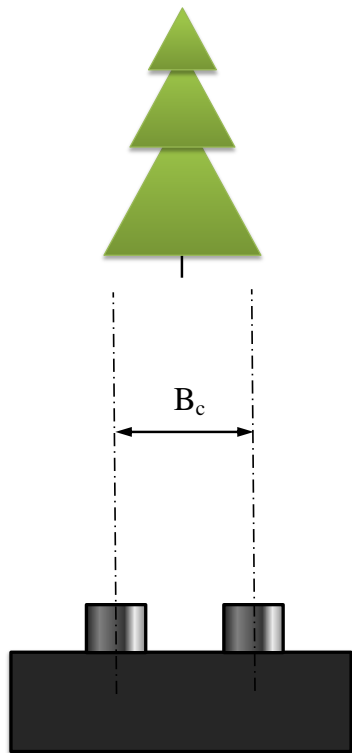
Методы и аппаратура для съёмки стереопары



Методы и аппаратура для съемки стереопары

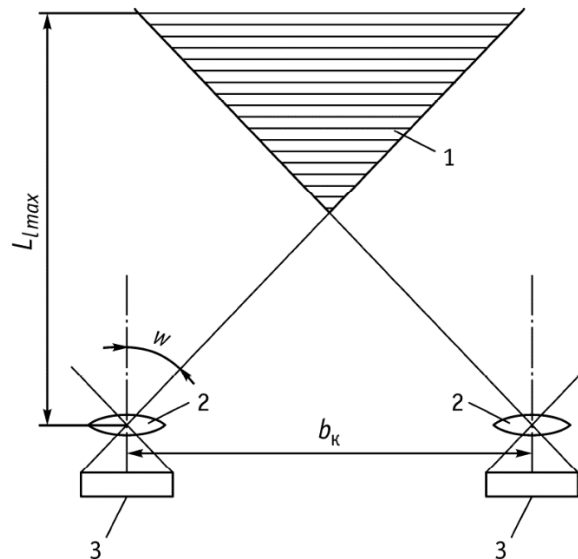


Методы и аппаратура для съемки стереопары



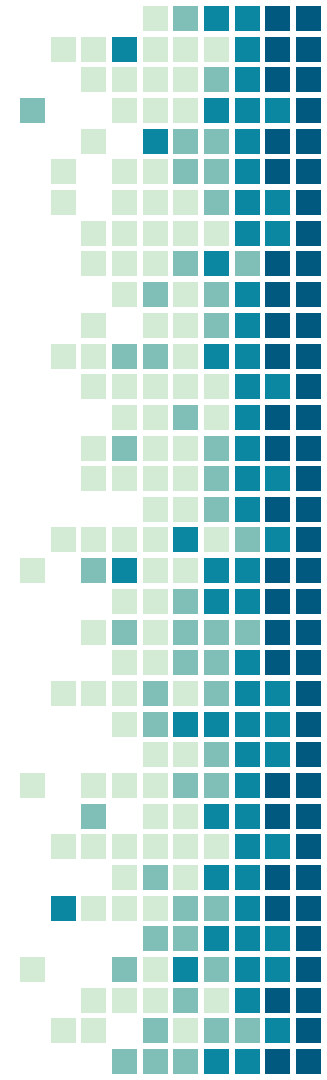
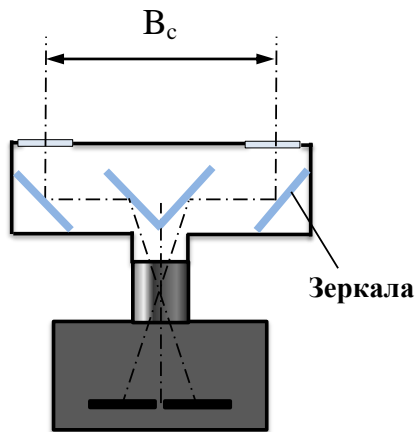
Площадь зоны стереовидения

$$S_1 = \frac{(2L_{lmax} \operatorname{tg} w - b_k)^2}{2 \operatorname{tg} w}$$

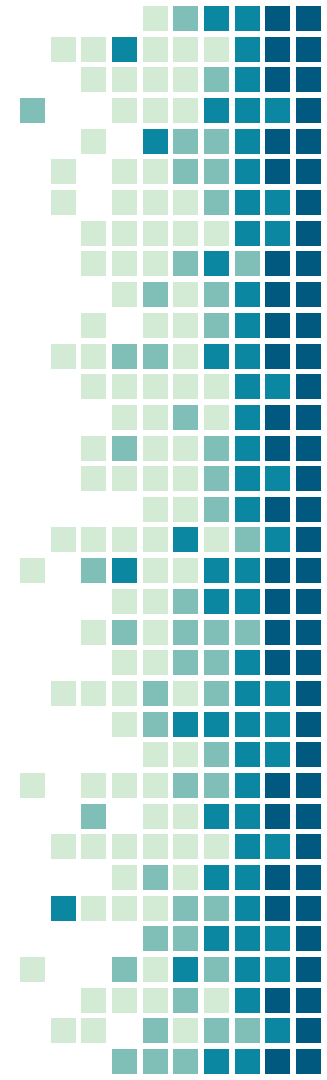
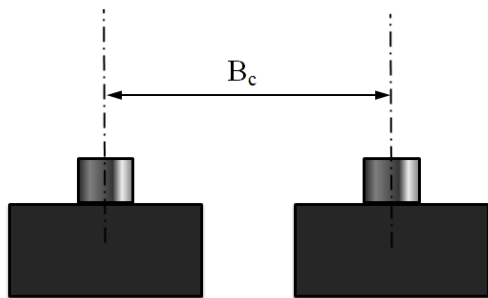


где **L_{lmax}** – расстояние от передающих камер до наиболее удаленных объектов в пределах глубины резкоизображаемого пространства; **$2w$** – угол поля изображения камерного объектива

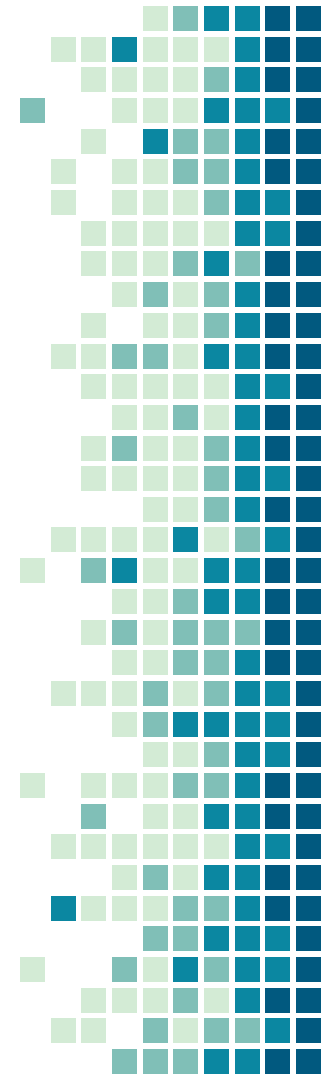
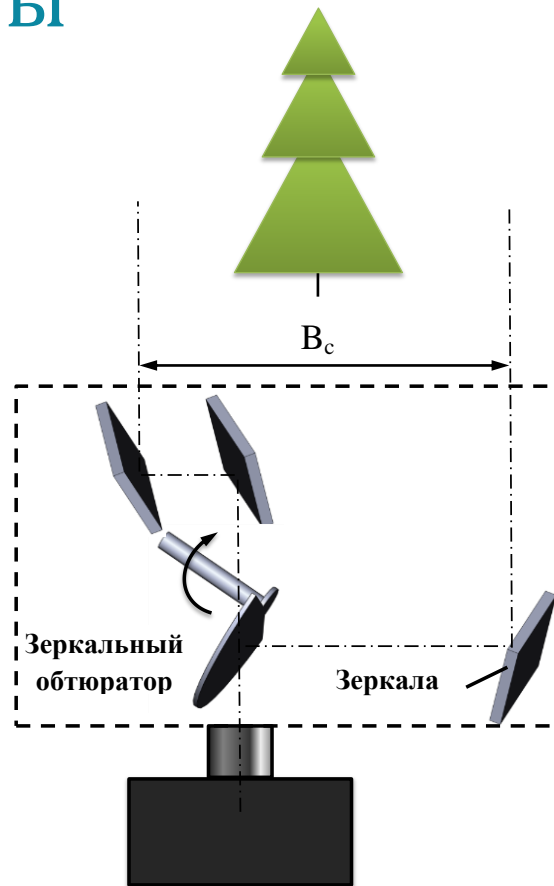
Методы и аппаратура для съемки стереопары



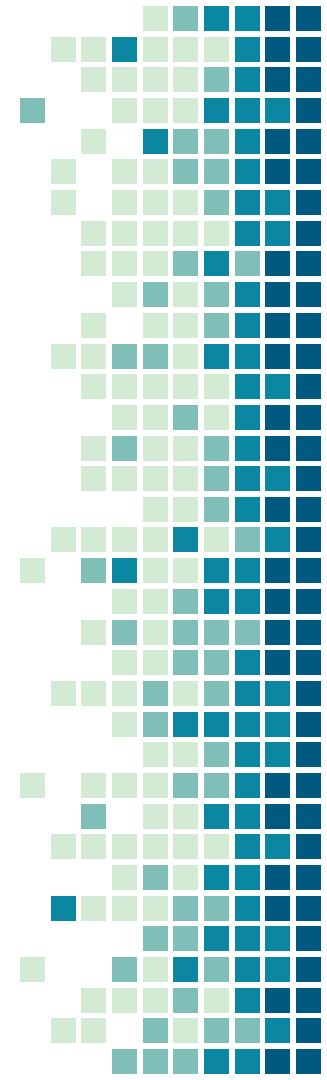
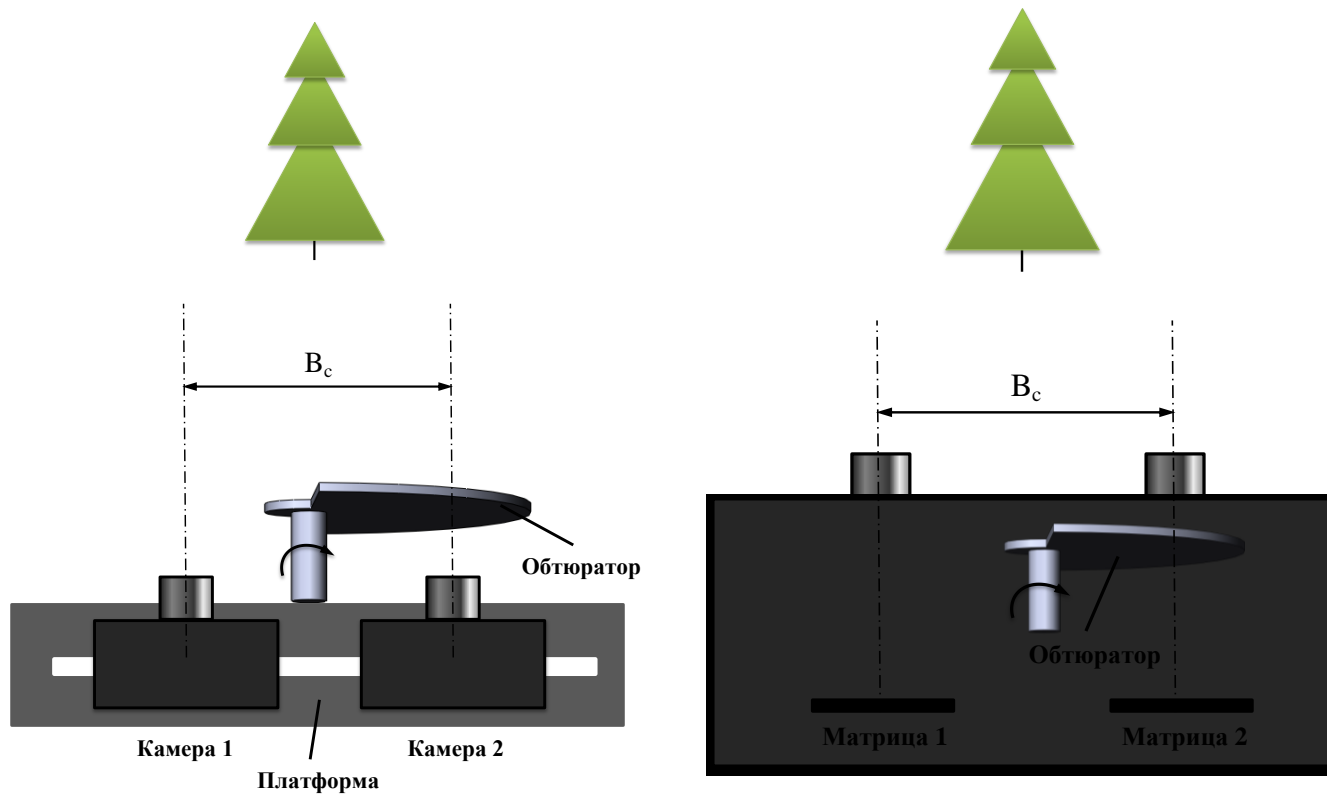
Методы и аппаратура для съёмки стереопары



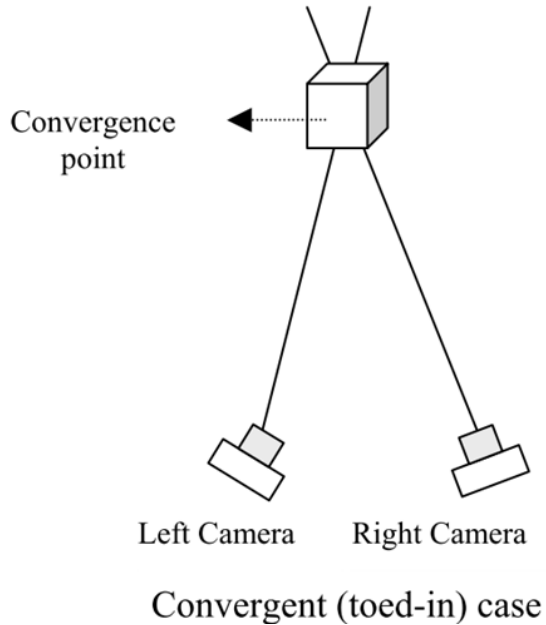
Методы и аппаратура для съемки стереопары



Методы и аппаратура для съёмки стереопары

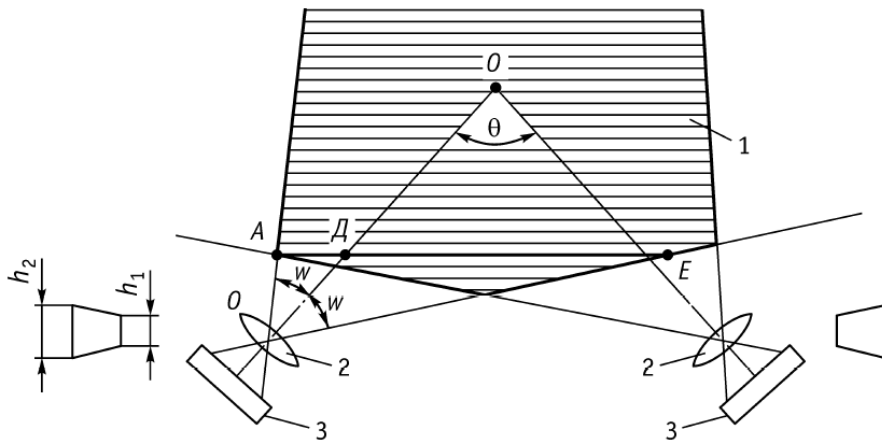


Направленная стереосъёмка



- Оптические оси пересекаются в точке пространства
- Угол определяет поверхность, для которой диспаратность нулевая
- Объект, находящийся дальше, чем эта плоскость имеет диспаратность большую нуля, а объекты, находящиеся ближе – меньшую нуля

Площадь зоны стереовидения



$$S_2 = b_k \left[L_{lmax} - 0,5b_k \operatorname{ctg}(0,5\theta + w) \right]$$

где **L_{lmax}** – расстояние от передающих камер до наиболее удаленных объектов в пределах глубины резкоизображаемого пространства;
 $2w$ – угол поля изображения камерного объектива