

Температура, измеряемая радиометром.

Дистанционное (неконтактное датчиком) измерение температуры объекта основывается на измерении теплового излучения тел. Прибор для измерения этого излучения называется радиометром (т.е. измеритель излучения).

Общая теория.

Максимум излучения в зависимости от «абсолютной» температуры T приходится на определённую длину волны λ и определяется законом смещения Вина: $\lambda \cdot T \approx 3000 \text{ мкм} \cdot \text{К}$. Практически, тепловое излучение Солнца находится в видимом диапазоне длин волн; а тепловое излучение тел при температурах близких к «комнатным» находится в Инфра-Красном (ИК) диапазоне длин волн, и, именно, это излучение обнаруживают приборы ночного видения, спутниковые и др. радиометры, комары, змеи и другие животные способные видеть в темноте. Зависимость излучения I «Абсолютно Чёрного», т.е. «абсолютно» излучающего (не отражающего) Тела (АЧТ) от температуры – определяется интегралом спектральной плотности энергии излучения абсолютно чёрного тела dI [функции излучения Планка [ru.wikipedia.org/wiki/Формула Планка](http://ru.wikipedia.org/wiki/Формула_Планка)] по заданным диапазонам длин волн : $I_{\text{АЧТ}} = \int dI_{\text{АЧТ}}(\lambda, T)$, $dI_{\text{АЧТ}}(\lambda, T) = 8\pi hc/\lambda^5 \cdot n(\lambda, T)$, где распределение (фотонов) Бозе $n(\lambda, T) = 1 / (\exp(hc/\lambda kT) - 1)$, π h c — известные константы. У реальных объектов в отличие от АЧТ излучение состоит из части (излучательной способности ϵ) собственного излучения как АЧТ + части отраженного (коэффициент отражения r) излучения фона $\epsilon(\lambda, \psi) = 1 - r(\lambda, \psi)$, где ψ – угол падения, отражения: $dI(\lambda, \psi) = \epsilon dI_{\text{АЧТ}}(\lambda, \psi) + (1-\epsilon) dI_{\text{фон}}(\lambda, \psi)$ Зависимость излучательной способности от угла наблюдения, а, также, наличие у радиометров «угла зрения» (расходимости регистрируемого излучения) требуют интегрирования (усреднения) по углу.

Практическая аппроксимация.

Для практических целей применяют линейную аппроксимацию «абсолютных» температур $T_{\text{изм}}$ (измеряемых в градусах Кельвина $T \approx 273,15 + t^\circ$, где t° в градусах Цельсия), называемых радиационными, в «малом» диапазоне отклонений температур от «опорной», которая может быть получена теоретически разложением в ряд по «малому» параметру или же определена практически: $T_{\text{изм}} = \epsilon T + (1-\epsilon) T_{\text{фон}} + \epsilon_{\text{при}} T_{\text{при}}$

Т.е. измеряемая радиационная температура $T_{\text{изм}}$ складывается из суммы частей, определяемых излучательными способностями: собственной температуры T , температуры окружающей среды (фона) $T_{\text{фон}}$, температуры теплового излучения частей прибора $T_{\text{при}}$.

Излучательные способности некоторых объектов (например, поверхности воды) – могут быть рассчитаны теоретически или же могут быть определены практически.

Практическая оценка ϵ для тел с не структурированной поверхностью 0,9÷0,95.

Тогда, приняв $T_{\text{при}} = T_{\text{фон}}$ и пренебрегая $\epsilon_{\text{при}} = 0$, получим: $T_{\text{изм}} = (0,9 \div 0,95) T + (0,1 \div 0,05) T_{\text{фон}}$

Таким образом, безошибочное измерение возможно только при совпадении $T = T_{\text{фон}}$ (что лишает смысла само измерение). Для примера, при $\epsilon = 0,9$ — оценочные температуры:

T (реальная)		T _{фон}		T _{изм} (измеренная)	
t°	[K]	t°	[K]	[K]	t _{изм} °
37	310,15	30	303,15	309,5	36,5
		20	293,15	308,5	35,5
36	309,15	30	303,15	308,6	35,6
		20	293,15	307,6	34,6

Практический вывод: Радиометр в грубом оценочном примере в среднем занижает реальную температуру 36° ÷ 37° примерно на 0,5° при температуре окружающей среды 30°, и на 1,5° при 20° (что легко подтвердить контактными измерениями).

Для увеличения точности – следует вносить поправку полученную при контактны измерениях.

Например: для измерения температуры людей можно исключить влияние температуры окружающей среды – первоначально, следует измерить температуру одного человека контактно T_0 и $T_{\text{изм}0}$ дистанционно, тогда, при «натянутых» предположениях, что температура окружающей среды и излучательная способность измеряемых участков тел – не меняется, (измерения проводятся однотипно, под одними и теми же сторонами, углами...) $T = T_0 + (T_{\text{изм}} - T_{\text{изм}0}) / \epsilon$; однако, *требуется ещё оценка ϵ* , т.е. ещё измерение при другой температуре T_1 , $T_{\text{изм}1}$ $\epsilon = (T_{\text{изм}0} - T_{\text{изм}1}) / (T_0 - T_1)$, которая при небольших разницах приводит к большой погрешности.