

Параметризация газового поглощения тепловой радиации в атмосфере Венеры для радиационных блоков климатических моделей

*Фомин Б.А.- “Институт глобального климата и экологии”
“Центральная аэрологическая обсерватория”*

E-mail: b.fomin@mail.ru

Разумовский М.В.-”Московский физико-технический институт”

E-mail: mrzumovskyy@gmail.com



Атмосфера Венеры

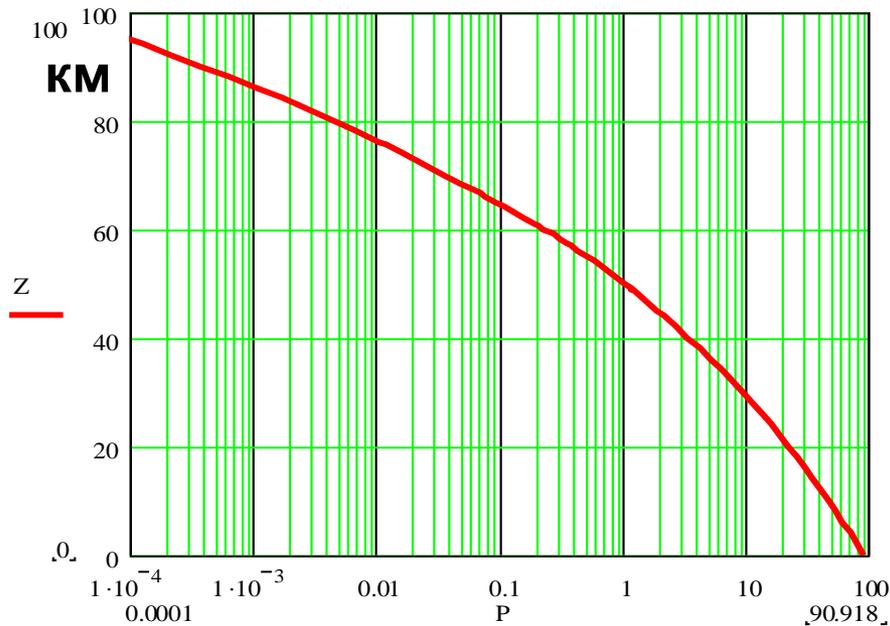


Рис.1 Давление P [атм] от высоты Z [км]

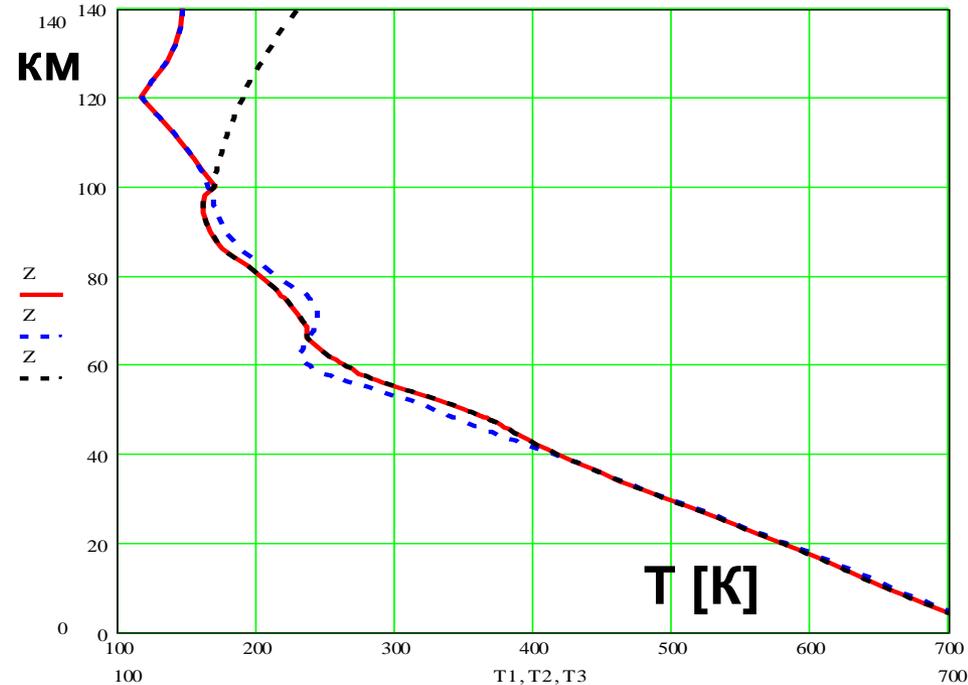


Рис.2 Температура T [K] от высоты Z [км]

На Земле

На Венере

Макс. давление: ~ 1 атм

~ 90 атм

Макс. температура: ~ 300 К

~ 700 К

Осн. газ: $O_2 + N_2$ (H_2O, CO_2, \dots)

CO_2 (H_2O, SO_2)

1. R. Haus et al./Icarus 272 (2016).

2. Vira1_mdlAtm75N1200 (night)

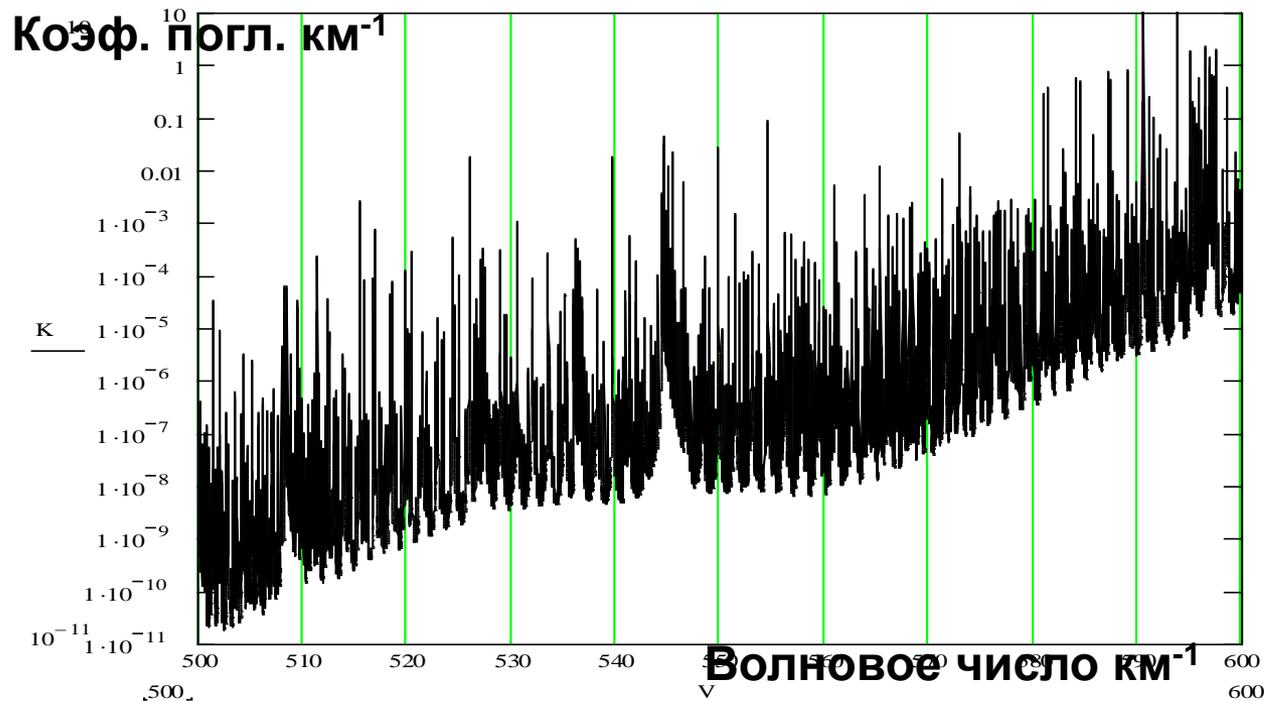
3. Seiff1983_mdlAtm_00N1200 (day)

Табл.1 Оптическая толщина облака (капли H_2SO_4)

λ [μm]	15	10	5	2.5	1.5	1.0	0.55	0.35	0.2
H	15.29	28.34	25.59	32.09	39.95	35.00	34.72	33.17	31.84
F	15.19	28.16	25.42	31.85	39.68	34.78	34.49	32.96	31.63

Цель работы

Почитать «K-распределения» (*k-distributions*) газового поглощения до 100 км.



Спектр на высоте 90 км. Интервал 500-600 см^{-1} .

⇒ Заменить реальный спектр на искусственный, состоящий всего из нескольких десятков прямоугольных «линий».

Тогда для получения потоков радиации требуется решать уравнения переноса всего 10-100 раз вместо ~10000000.

В.А.Амбарцумян (~1940г.)

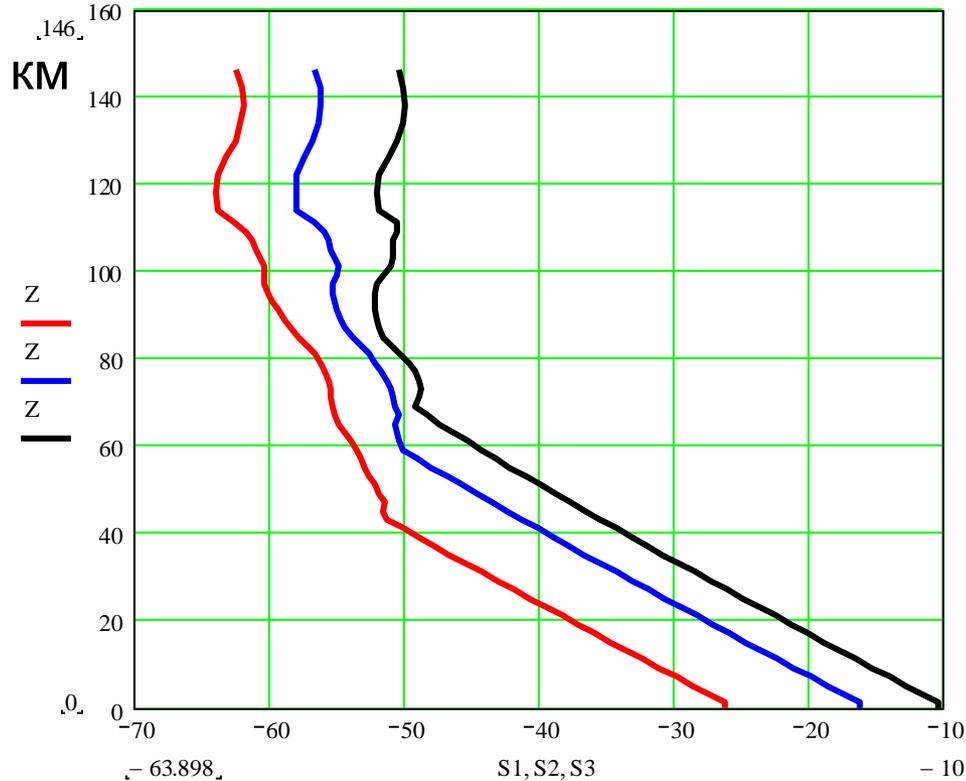
Line-by-Line: Fomin B.A., Monte-Carlo algorithm for line-by-line calculations of thermal radiation in multiple scattering layered atmospheres, *J.Quant.Spectrosc.Rad.Transfer* 2471, DOI.1016/j.jqsrt.2005.05.078.

A.KD: «Correlated-K» метод. Модель «FKDM» – США (VIKIPEDIA). (~ 180 K-членов для Земли).

B.KD- Fomin, B.A., A k-distribution technique for radiative transfer simulation in inhomogeneous atmosphere: 1. Fast k-distribution model for the longwave.// *J.Geophys.Res.*,109, D02110, doi:10.1029/2003JD003802, 2004. (~40 K-членов для Земли).

Пример эффективных профилей сечений в K-распределениях

Интервал 500-600 см-1, **МОДЕЛЬ 1**. Здесь всего 3 K-члена (требуется 3 решения уравнений переноса вместо ~100000 в LbL расчёте).



$S(z) = \ln(\text{сечения поглощения молекулой в K-члене})$.

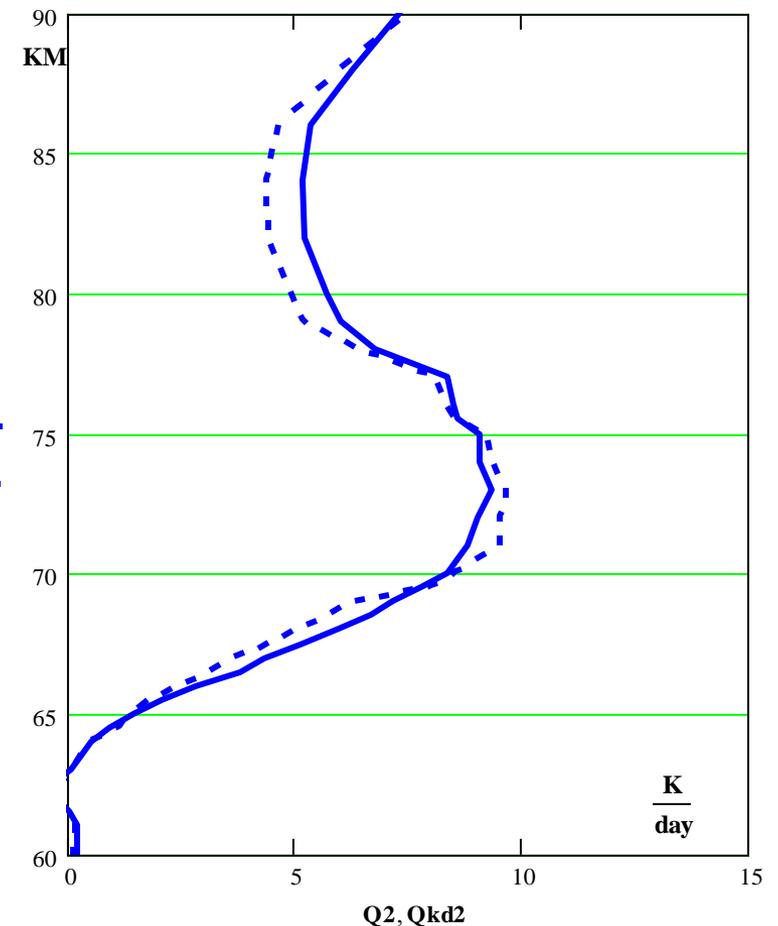
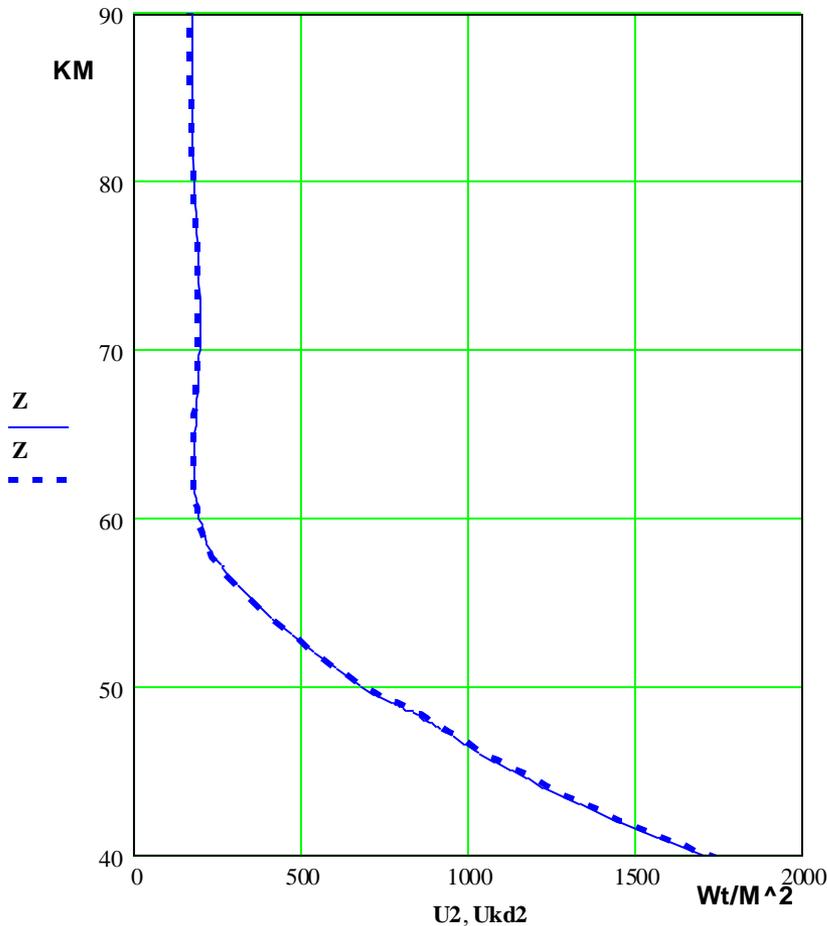
1, 2, 3 слабо, средне и сильно поглощающие K-члены.

LbL и KD расчеты радиации без учёта темпер. зависимости.

восходящие потоки (Вт/м²)

выхолаживания (град/сутки)

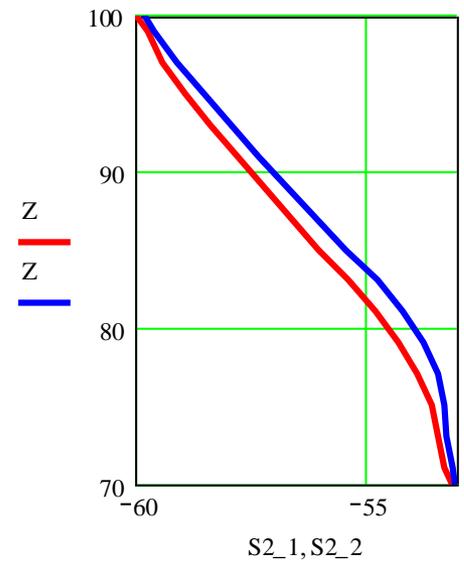
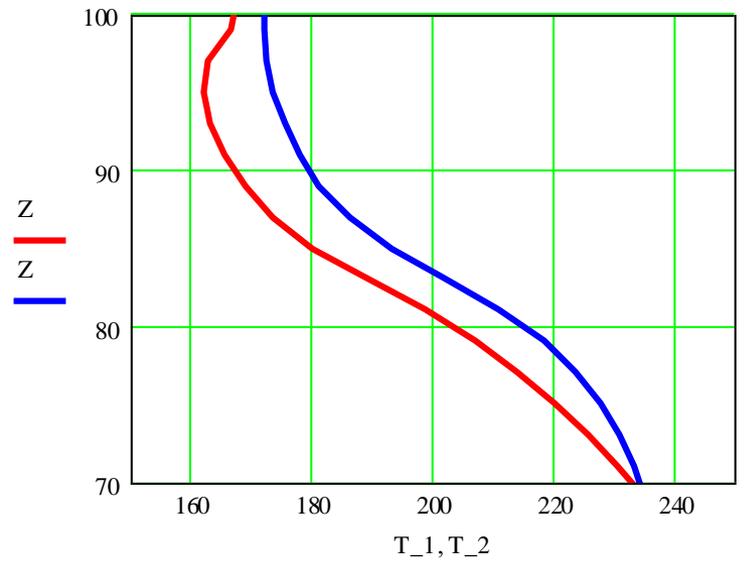
Атмосферы: 1 – “Haus”, 2- “VIRA11”, 3-“VIRA14”. Сплошная- LbL, пунктир-KD.



Уход. излучение (LbL/KD): 1- 160.9/159.4, 2- 168.7/166.3, 3-160.9/159.6 (Вт/м²).

Учет температурной зависимости поглощения

Пример изменения сечения в К-члене из-за температуры.



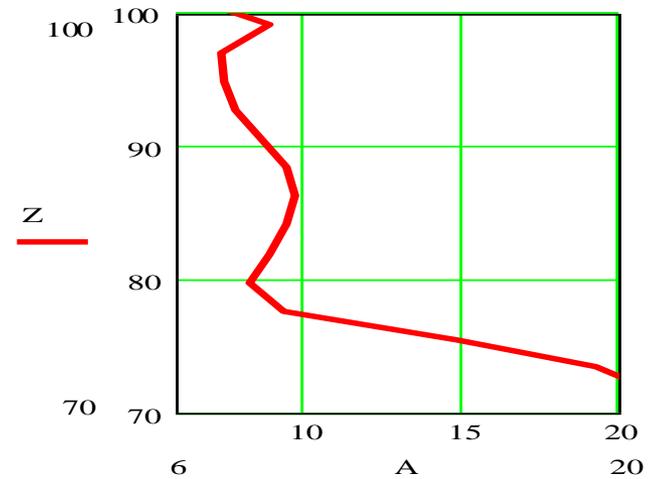
T_1 и T_2 – температурные профили в моделях “1” и “2”, соответственно.

S2_1 и S2_2 – соответствующие логарифмы сечений для 2-го К-члена в интервале 600-760 см⁻¹.

Коррекционная формула:

$$S(T) = S(T^*) + \ln(1 + A((T - T^*) / T^*)) \quad (\text{при данном давлении}).$$

$S(T^*)$ – «опорный» профиль.

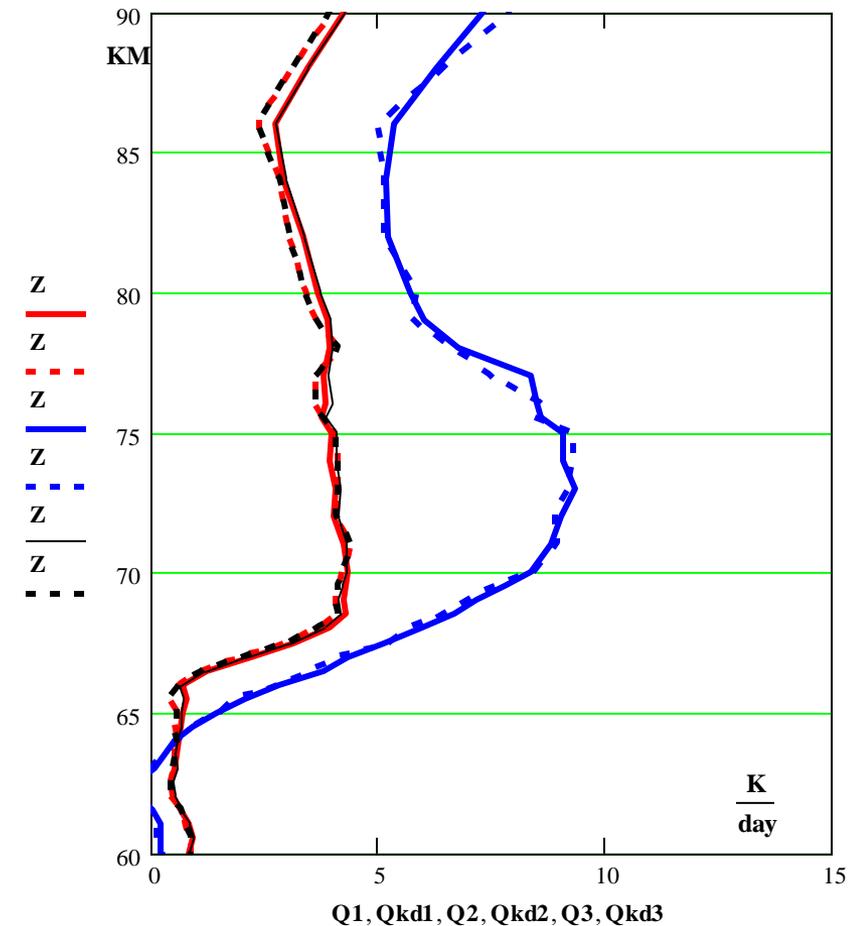
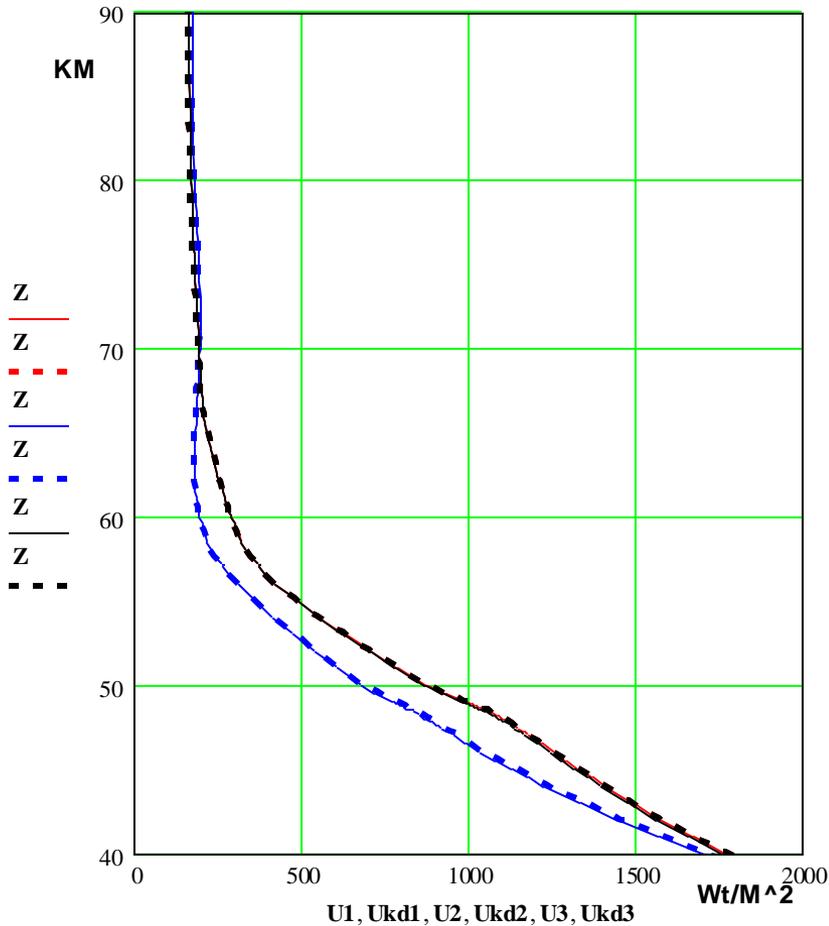


LbL и KD расчеты радиации с учётом темпер. зависимости.

восходящие потоки (Вт/м²)

выхолаживания (град/сутки)

Атмосферы: 1 – “Haus”, 2- “VIRA11”, 3-VIRA14”. Сплошная- LbL, пунктир-KD.



Заключение

LbL расчеты потока уходящей тепловой радиации (модель 1):
159 Вт/м²(Haus-2016), **157±6 Вт/м²** (Titov-2007)

=> **160.9 Вт/м²** (данная работа).

K-distribution модель:

16 “bands” (10-200, 200-400, 400-500,...,4400-6000 см⁻¹);

40 “K-terms” (решений уравнений переноса).

Уход. излучение (LbL/KD): 1- **160.9/159.4**, 2- **168.7/166.7**, 3-
160.9/159.6 (Вт/м²).

УФ-В. Fomin, M. Razumovskiy, Effective parameterization of absorption by gaseous species and unknown UV absorber in 125–400 nm region of Venus atmosphere// Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer 286 (2022) 108201.

Солнечная радиация -

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!!!