

# Отчет по практическим занятиям

Юсупова Д.Ф.  
Новиков И.С.

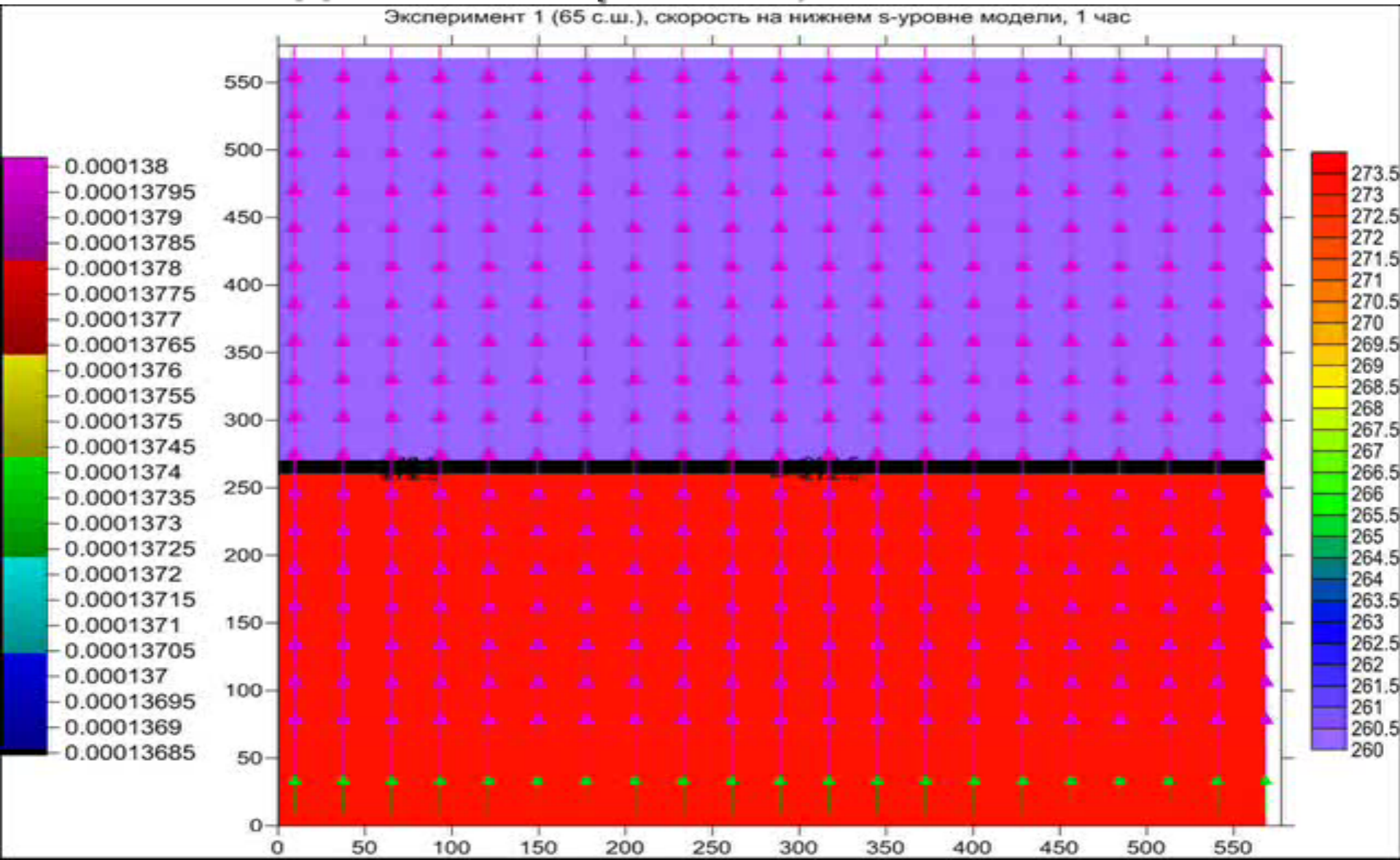
CITES 2011

# 1 практическое занятие. Моделирование динамики ледового бриза

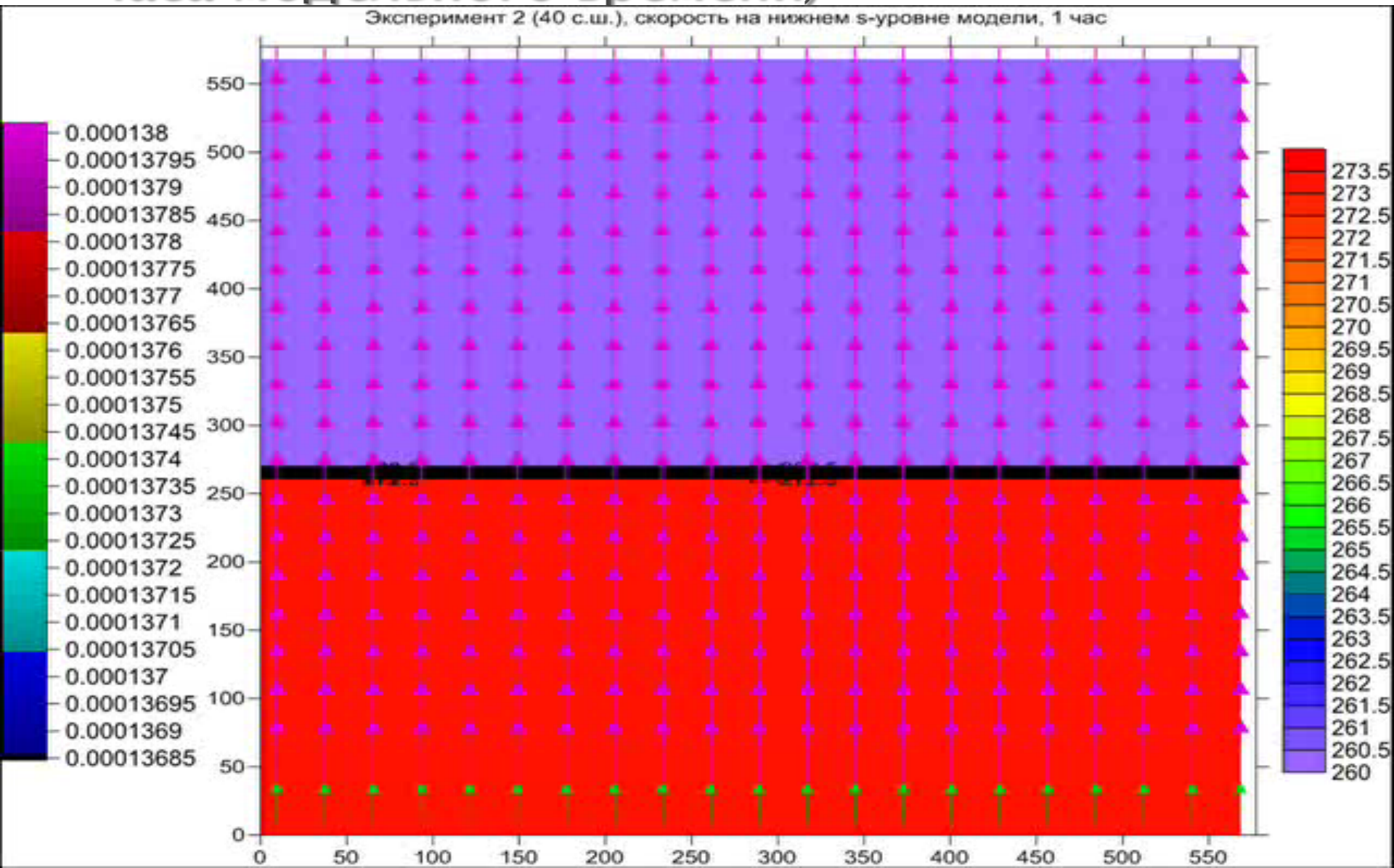
## **Цель:**

Проведение численных экспериментов по воспроизведению циркуляции бризовой природы, возникающей на прямой кромке морского льда и на кромке льда с «заливом»

# Динамика изменения поля ветра на нижнем $\sigma$ -уровне (прямая кромка льда, 65 с.ш., 24 часа модельного времени)

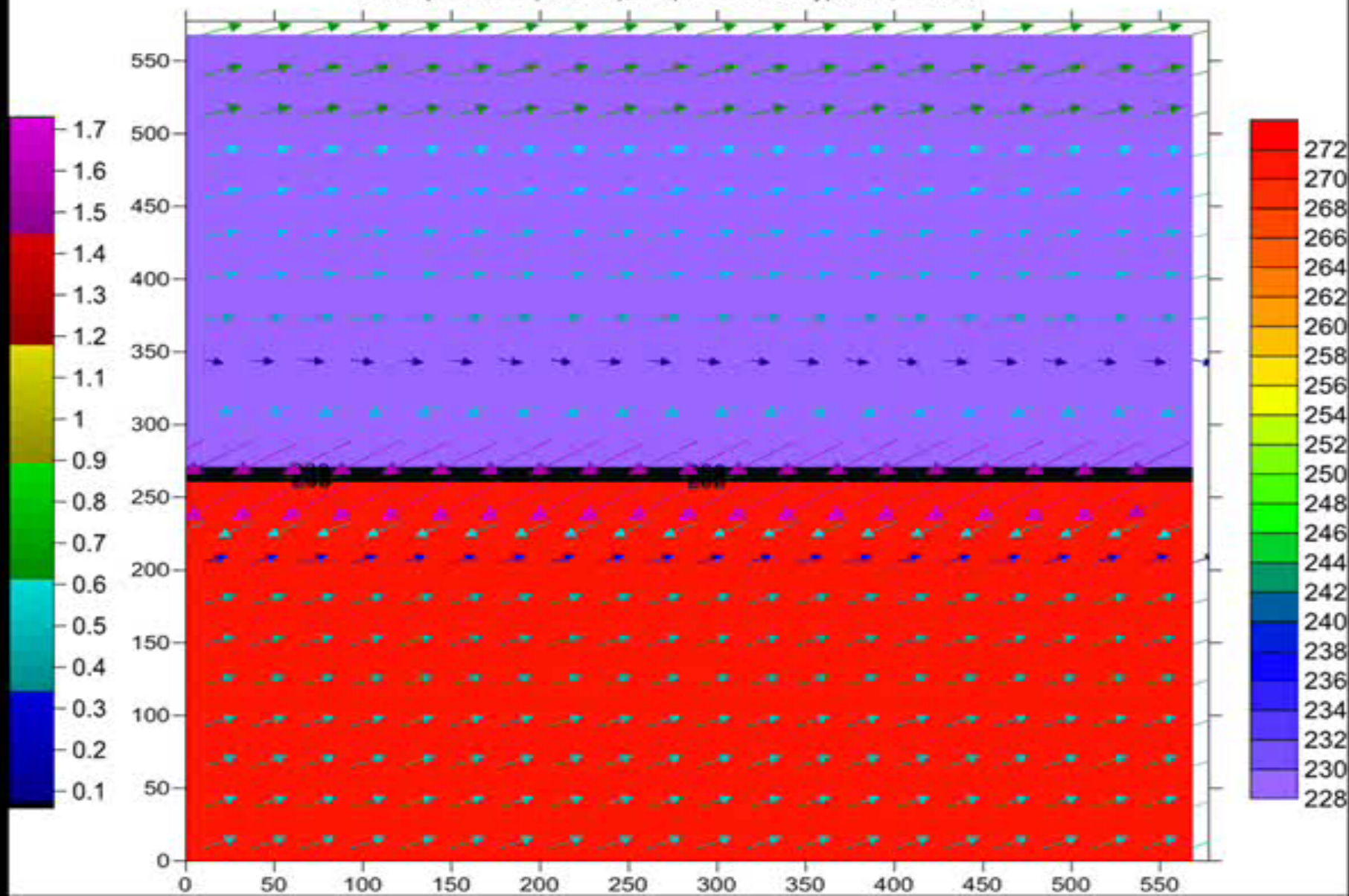


# Динамика изменения поля ветра на нижнем $\sigma$ -уровне (прямая кромка льда, 40 с.ш., 24 часа модельного времени)



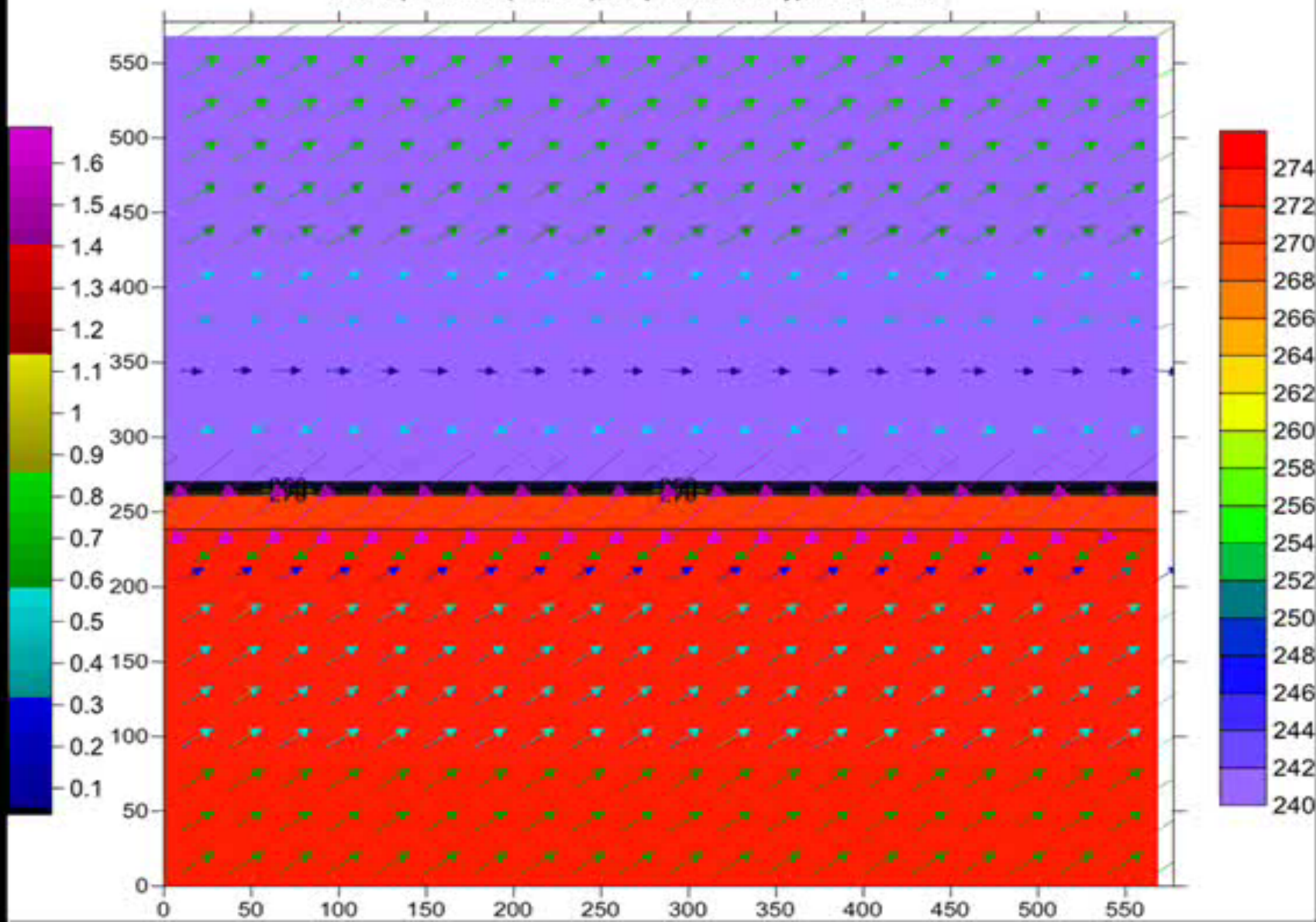
# Поле ветра на различных $\sigma$ -уровнях (прямая кромка льда, 65 с.ш., 6 $\sigma$ -уровней)

Эксперимент 1 (65 с.ш.), скорость на 2  $\sigma$ -уровне, 10 час

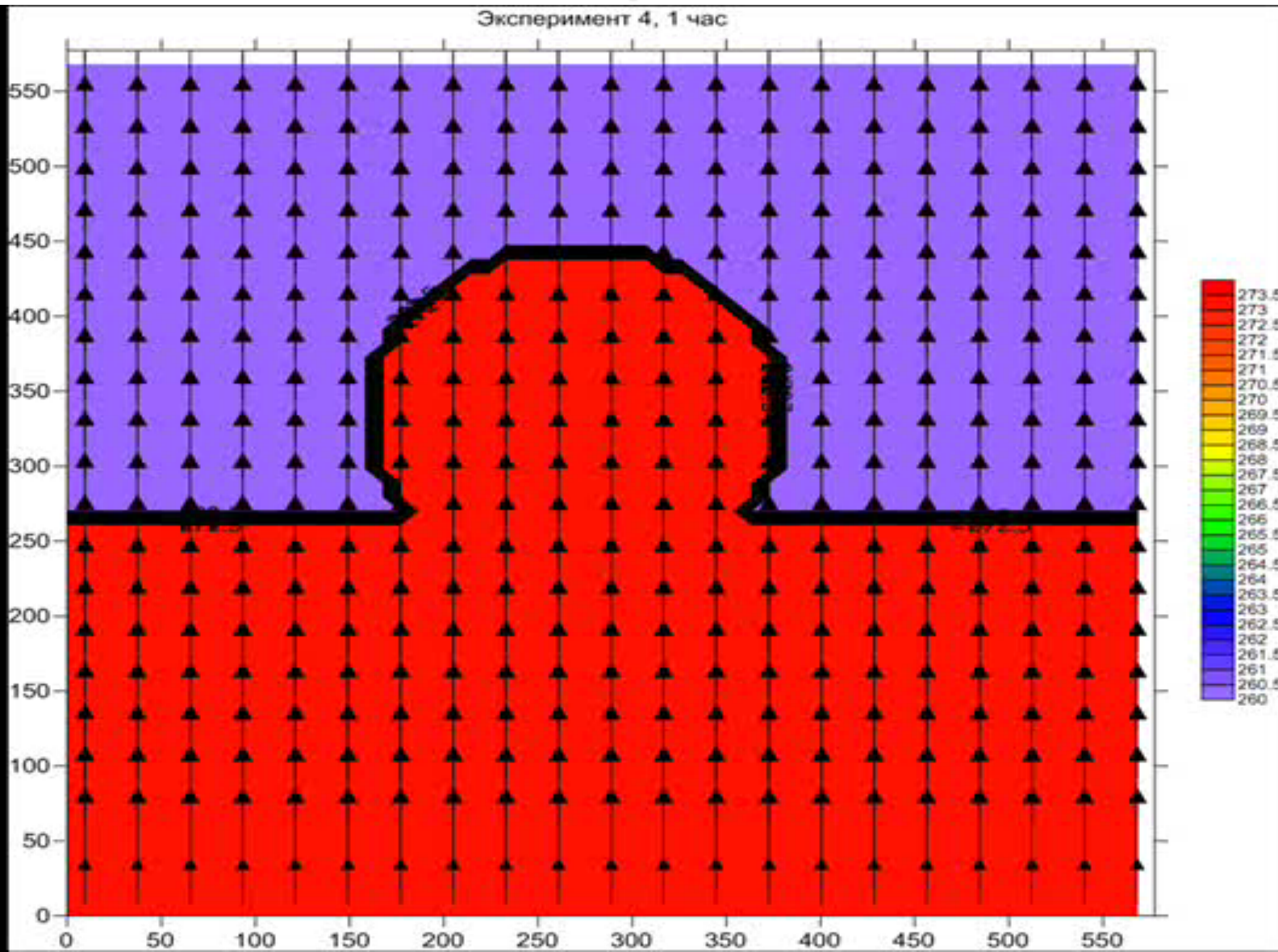


# Поле ветра на различных $\sigma$ -уровнях (прямая кромка льда, 40 с.ш., 6 $\sigma$ -уровней)

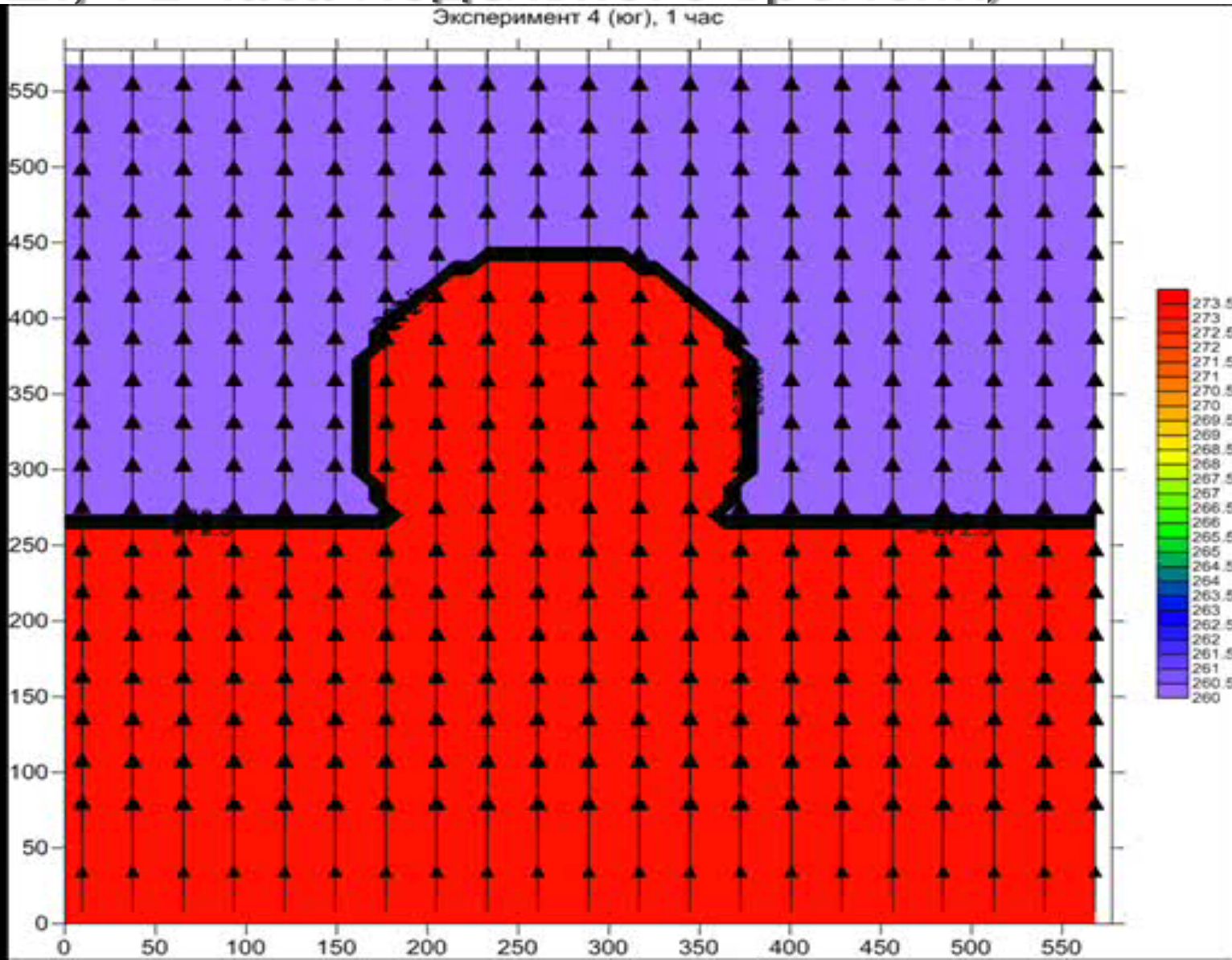
Эксперимент 2 (40 с.ш.), скорость на 2  $\sigma$ -уровне, 10 час



# Динамика изменения поля ветра на нижнем $\sigma$ -уровне (кромка льда с «заливом», 65 с.ш., 72 часа модельного времени)



# Динамика изменения поля ветра на нижнем $\sigma$ -уровне (кромка льда с «заливом», 65 ю.ш., 72 часа модельного времени)





# 2 практическое занятие.

## Численные методы расчета переноса региональной примеси

- ▶ **Цель:**
- ▶ Исследование численного решения в зависимости от способа аппроксимации уравнения переноса по времени и по пространству

# Аппроксимация по пространству

8 Центральная разность четвертого порядка точности:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = C \left( \frac{4}{3} \frac{f_{i+1}^n - f_{i-1}^n}{2\Delta x} - \frac{1}{3} \frac{f_{i+2}^n - f_{i-2}^n}{4\Delta x} \right)$$

Коррекция схемы осуществляется с помощью параметра *spec*, который принимает значение от 0 (без коррекции) до 1 (обращается в направленную схему 7). Корректирующее слагаемое имеет вид:

$$-spec \frac{f_{i-2}^n - 4f_{i-1}^n + 6f_i^n - 4f_{i+1}^n + f_{i+2}^n}{12\Delta x}$$

9 В компактной схеме значения производных  $u'(i)$  находятся из решения трехдиагональной системы уравнений, которое решается методом прогонки (циклической прогонки для случая периодических граничных условий).

$$\frac{1}{3}(f')_{i-1}^n + (f')_i^n + \frac{1}{3}(f')_{i+1}^n = \frac{14}{9} \frac{f_{i+1}^n - f_{i-1}^n}{\Delta x} + \frac{1}{9} \frac{f_{i+2}^n - f_{i-2}^n}{4\Delta x}$$

Ошибка в таком случае имеет порядок  $o(\Delta x^4)$ .

# Аппроксимация по времени

5 Метод Рунге–Кутты:

$$f_i^{n+1} = f_i^n - u \frac{\Delta t}{6} (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

$$k_1 = \frac{\partial f^n}{\partial x}$$

$$k_2 = \frac{\partial(f^n + k_1/2)}{\partial x}$$

$$k_3 = \frac{\partial(f^n + k_2/2)}{\partial x}$$

$$k_4 = \frac{\partial(f^n + k_3)}{\partial x}$$

Схема по времени	Пространственная схема	Число куранта	L2-norm	C-norm
Рунге-Кутта	Центральная разность четвертого порядка точности без корректора	0.2	0.98E-01	0.56E+00
		0.4	0.76E-01	0.57E+00
		0.8	0.49E-01	0.53E+00
	Центральная разность четвертого порядка точности с корректором 0.5	0.2	0.74E-01	0.45E+00
		0.4	0.57E-01	0.46E+00
		0.8	0.44E-01	0.47E+00
	Центральная разность четвертого порядка точности с корректором 1	0.2	0.79E-01	0.44E+00
		0.4	0.61E-01	0.45E+00
		0.8	0.47E-01	0.46E+00
	Компактная схема	0.2	0.63E-01	0.38E+00
		0.4	0.44E-01	0.41E+00
		0.8	0.33E-01	0.45E+00
Кабаре с фильтром	0.2	0.75E-01	0.50E+00	
	0.4	0.47E-01	0.48E+00	
	0.8	0.56E-01	0.62E+00	

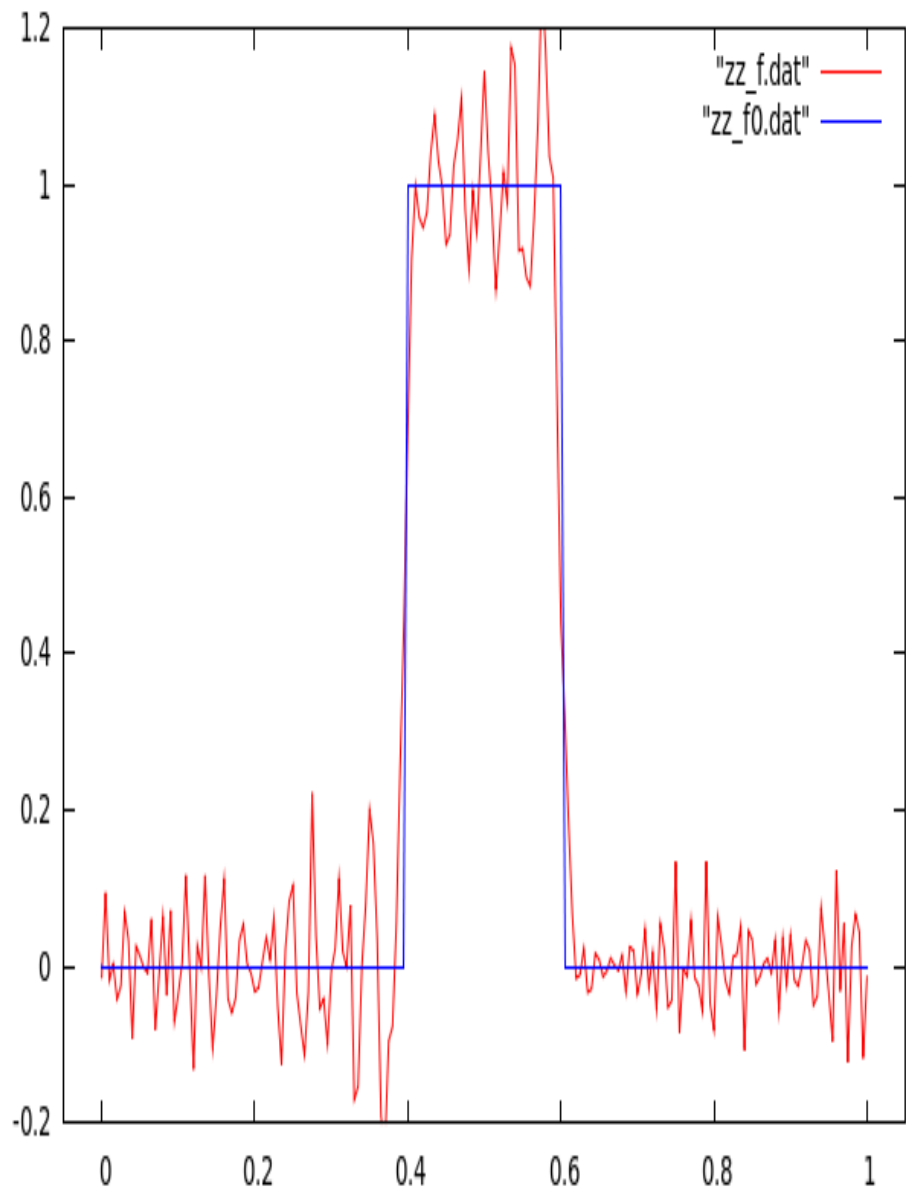
# Поиск лучшего числа Куранта Рунге–Кутта + компактная схема

Число Куранта	L2-norm
0.62	0.33E-01
0.63	0.32E-01
0.64	<b>0.31E-01</b>
0.65	0.32E-01
0.7	0.32E-01
0.75	0.32E-01
0.78	0.32E-01
0.79	0.33E-01

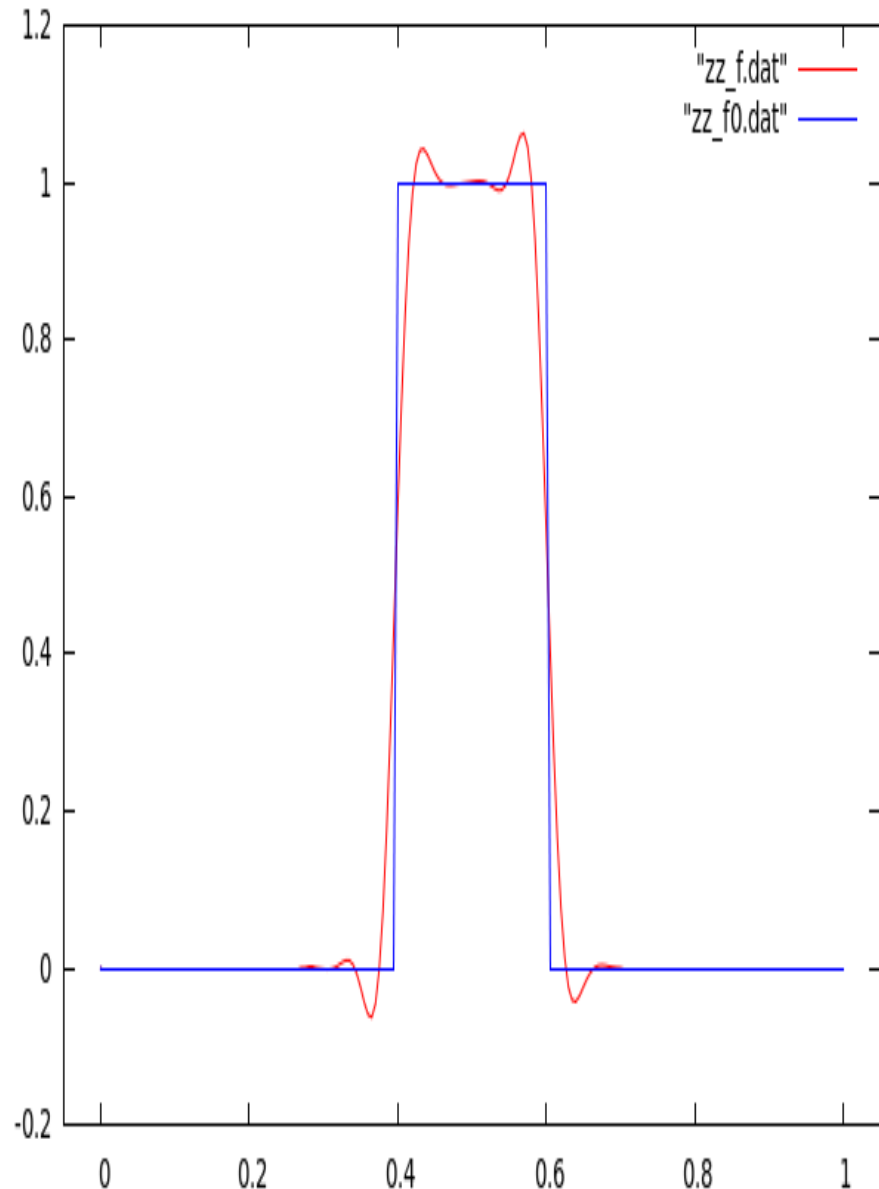
# Сравнение L2-норм при различных формах переносимых величин, число Куранта 0.8

	L2-norm, треугольник	L2-norm, прямоугольник
Рунге-Кутта + центральная разность 4 порядка точности без корректора	0.25E-01	0.49E-01
Рунге-Кутта + центральная разность 4 порядка точности с корректором 1	0.24E-01	0.47E-01
Рунге-Кутта + компактная схема	0.16E-01	0.33E-01
Кабаре с фильтром	0.28E-01	0.56E-01

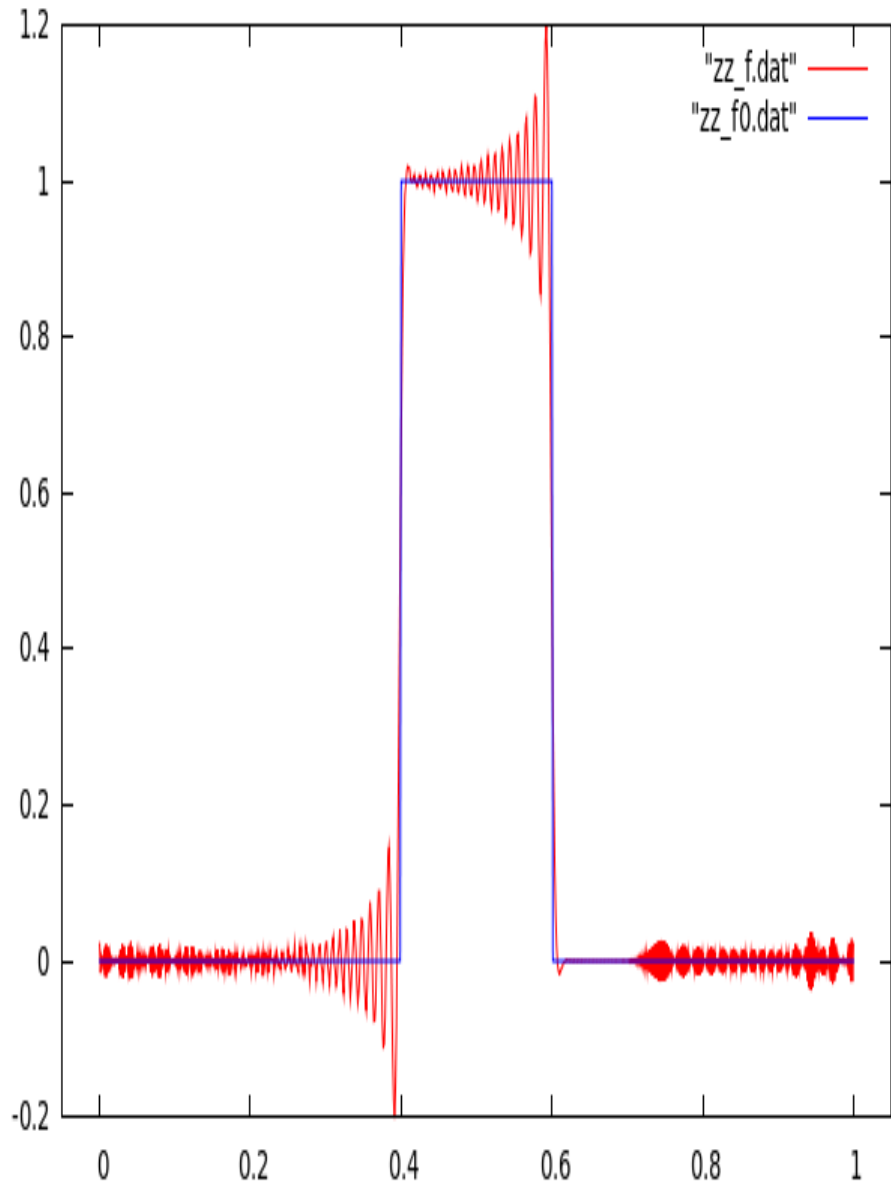
PK+ЦР,  $C=0.2$ , без корректора



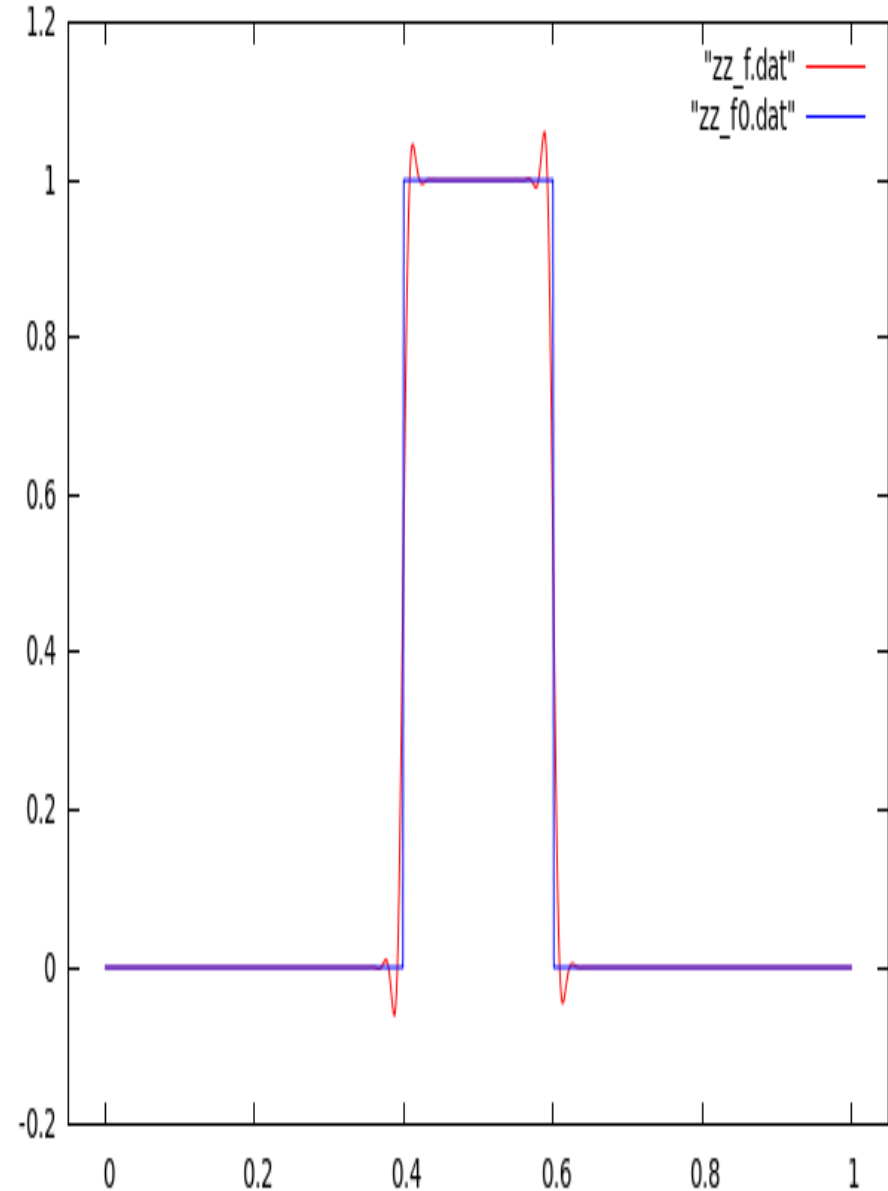
PK+ЦР,  $C=0.2$ , с корректором 1



PK+ЦР,  $C=0.8$ , без корректора

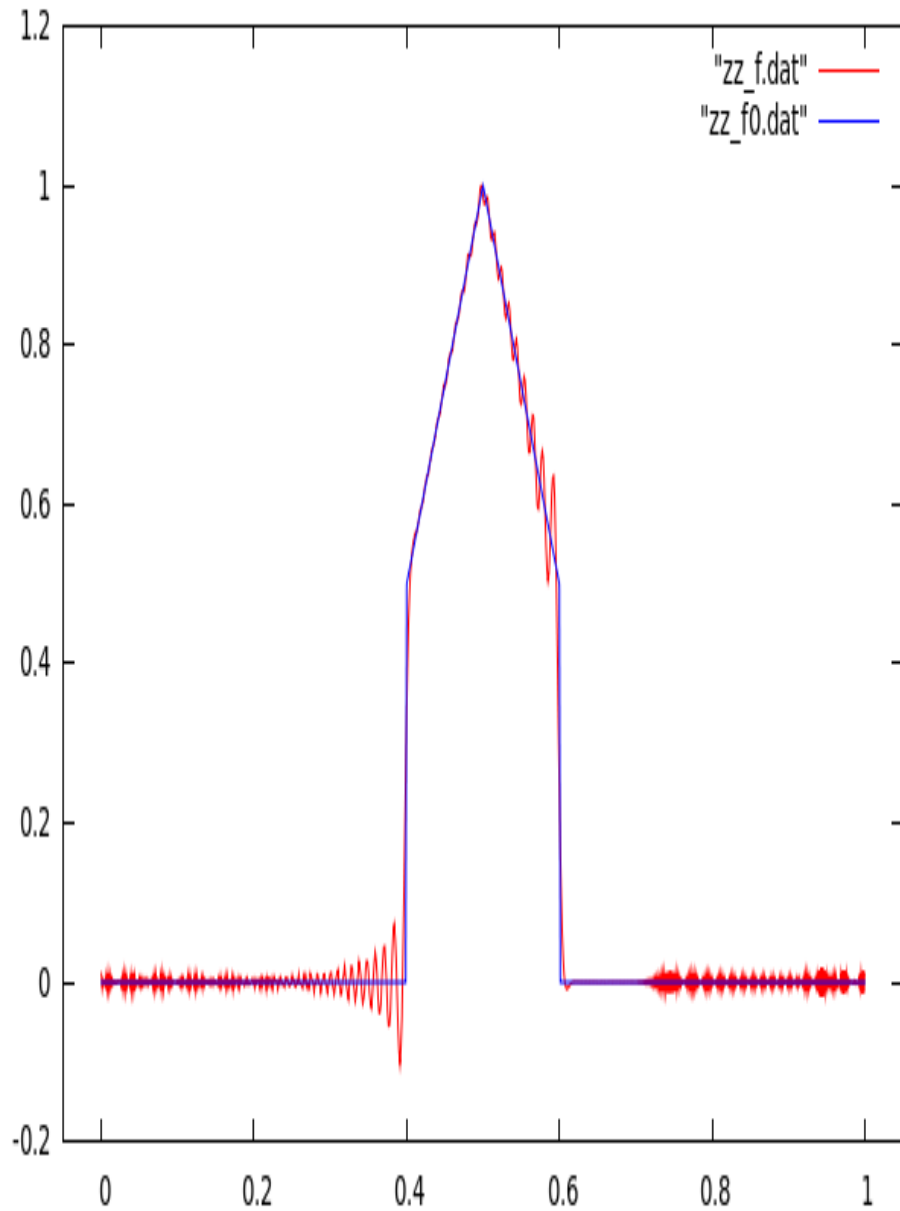


PK+ЦР,  $C=0.8$ , с корректором 1

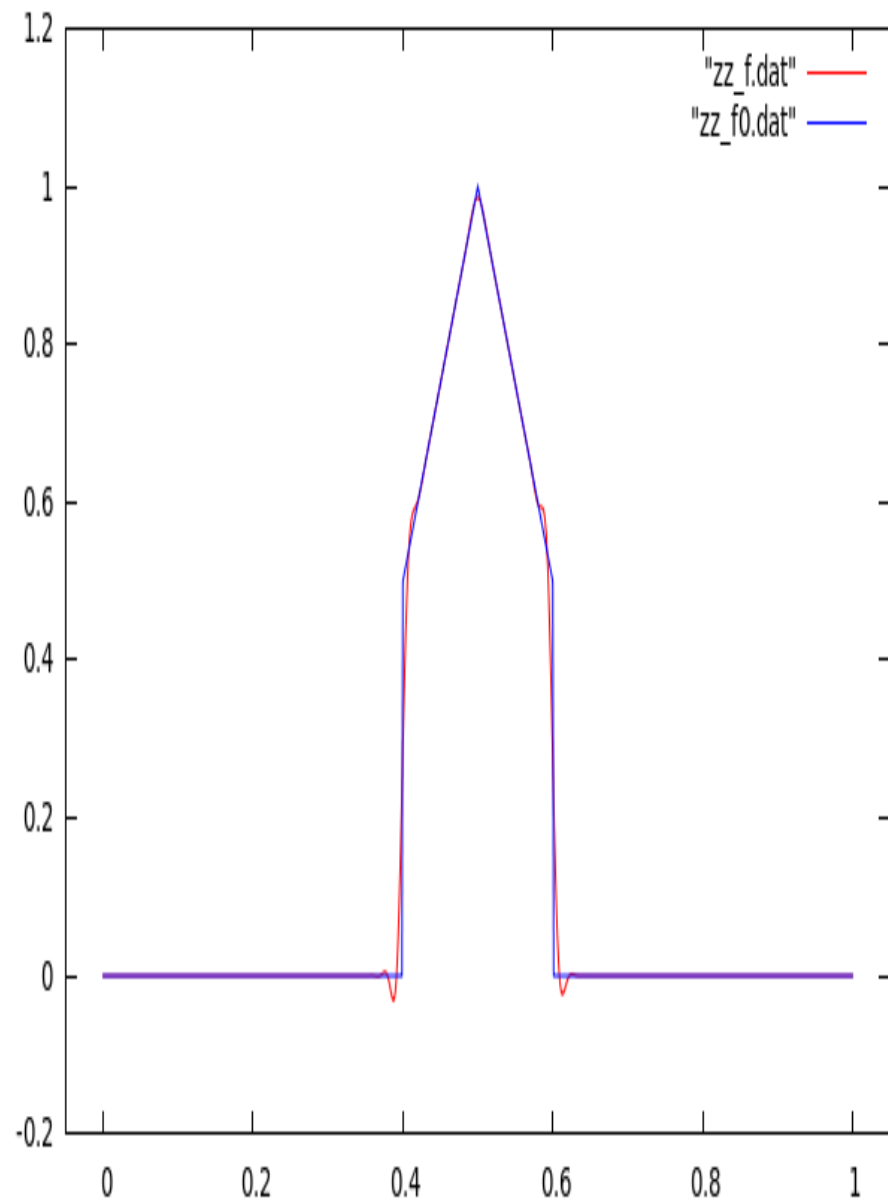




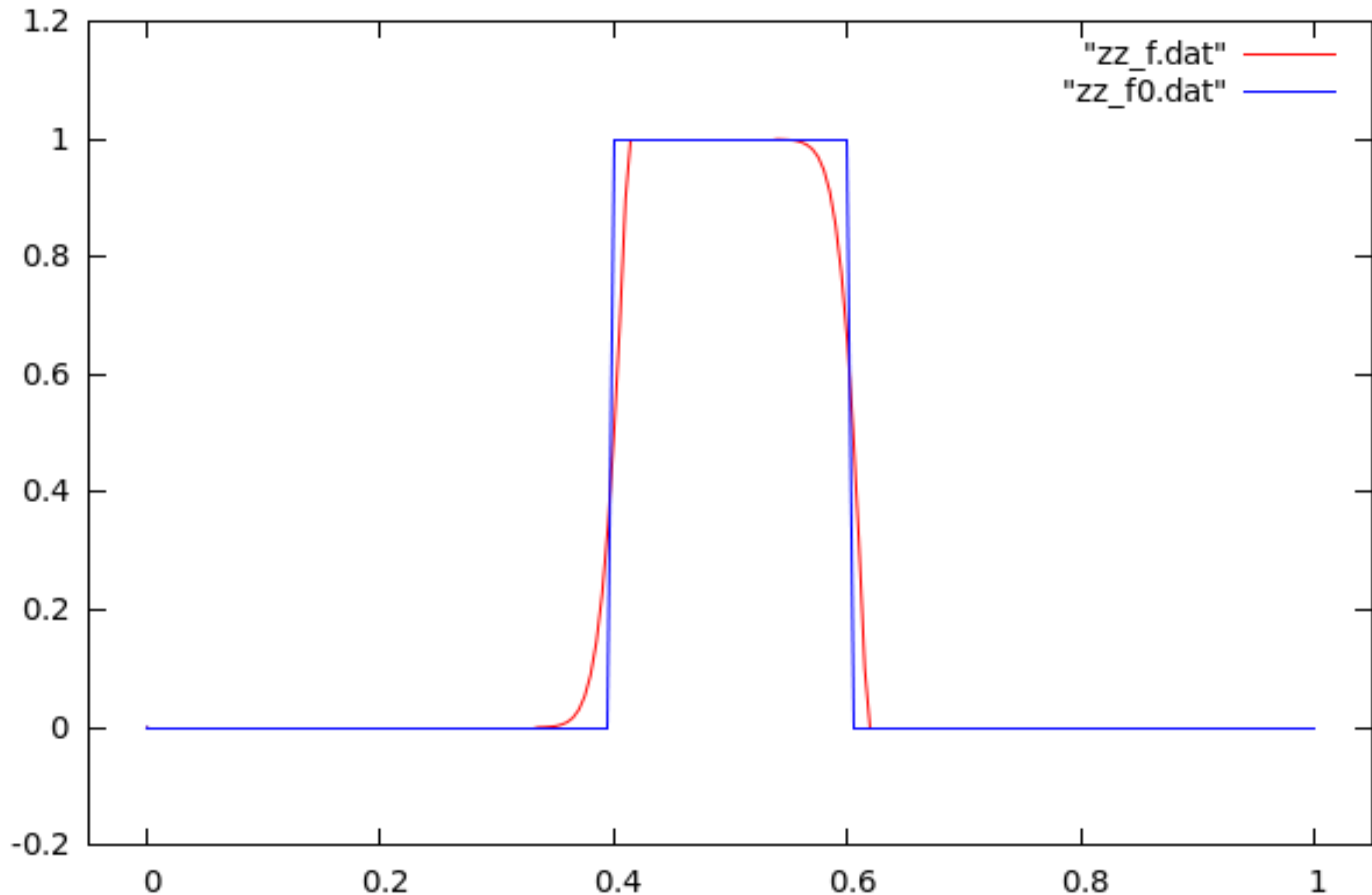
PK+ЦР,  $C=0.8$ , без корректора



PK+ЦР,  $C=0.8$ , с корректором 1



# Кабаре с фильтром, $c=0.2$



Спасибо за внимание!