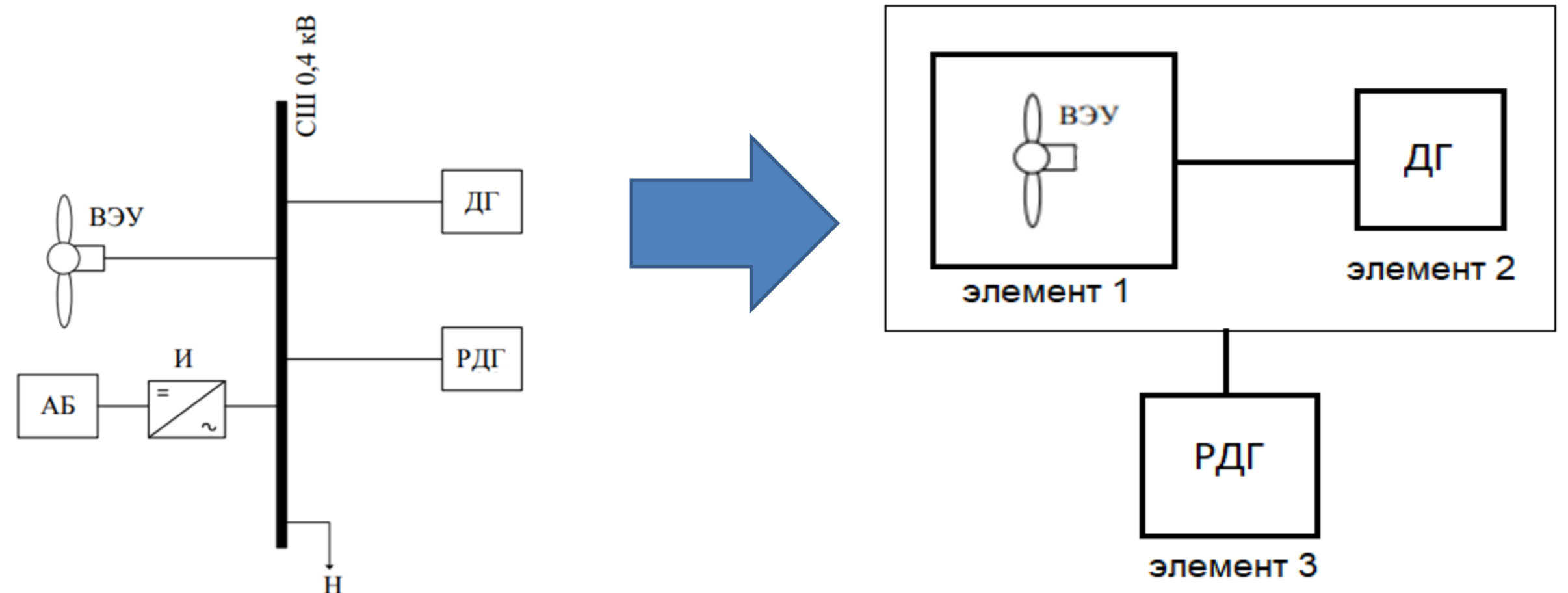


Forecasting and evaluation of the dynamics of an autonomous wind-diesel complex based on its hidden Markov model

Research Background

- Currently, renewable energy sources are being introduced into power supply systems everywhere.
- The combined use of wind turbines and diesel generators contributes not only to economic benefits, but also to the reduction of emissions of fuel processing products. However, the efficiency of wind turbines depends on many stochastic factors.
- The problem arises of constructing adequate mathematical models that take into account the stochastic nature of work and the natural resources used (for example, wind) and the presence of a diesel generator (backup energy source).
- For geographically remote systems (or systems controlled remotely) it is possible to receive some signal (information), but it is not always possible to observe the system itself.

Structural diagram of the system under consideration



Кривенко Т.В. Развитие моделей и методов оценки надежности автономных систем генерации, использующих ВИЭ, 2018 г. (с. 45)

ВЭУ – ветроэнергетическая установка; ДГ – рабочий дизельный генератор; ДРГ – резервный дизельный генератор, И – инвертор; АБ – аккумуляторная батарея; Н – нагрузка

Связь состояний модели с сигналами

Состояние, x	Сигнал, s	s=0	s=1	s=2
1112	0	1	0	0
2112	0	1	0	0
1021	0,01	0	0,99	0
2201	0,01	0	0,99	0
3020	0,99	0	0,01	0
3200	0,99	0	0,01	0

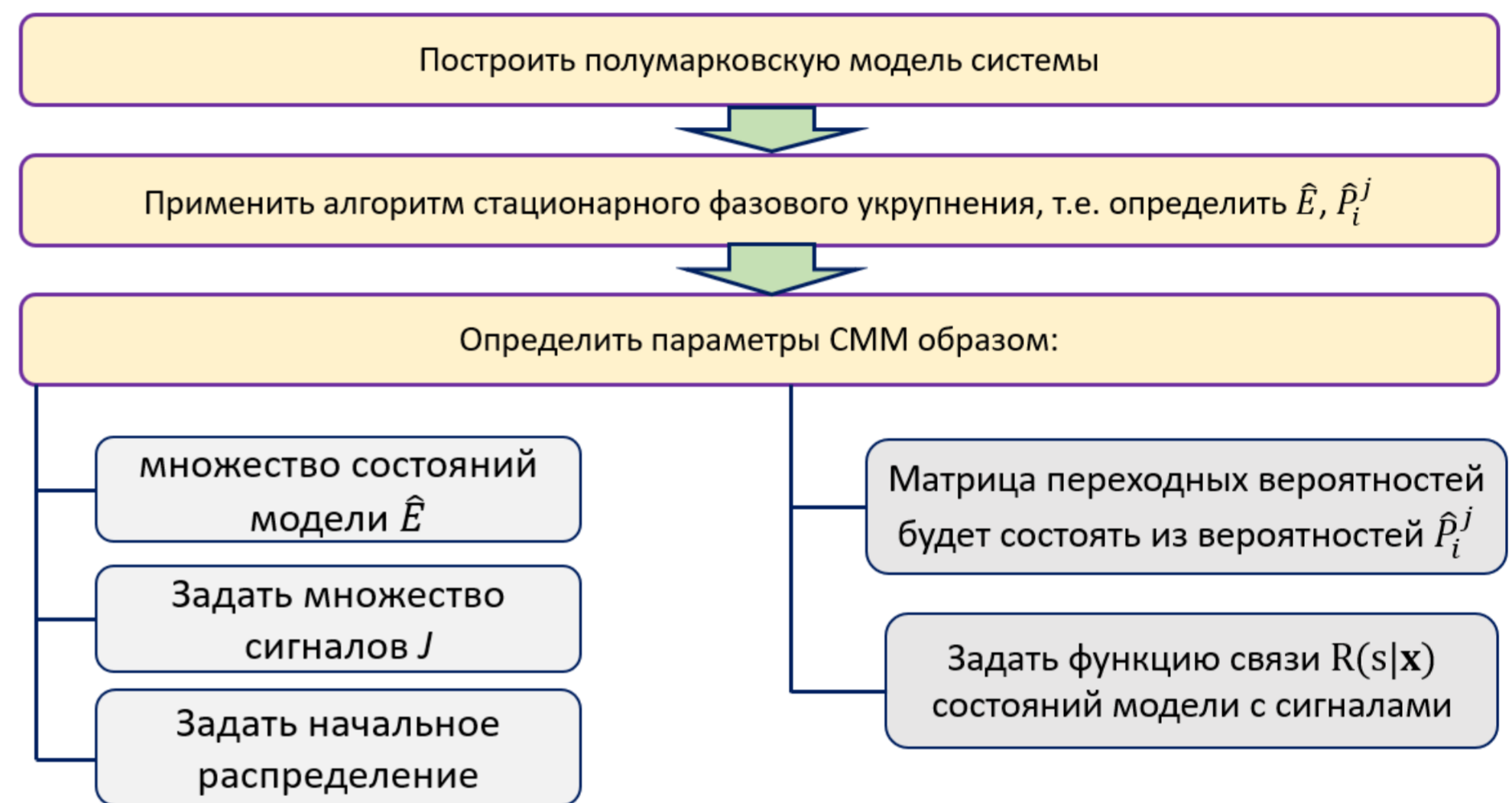
Множество сигналов

- $J = \{0, 1, 2\}$
- 0 – отказ системы;
 - 1 – элемента 1 и 2 системы функционируют;
 - 2 – система работоспособна за счет резервного дизельного генератора.

$$\hat{P}_i^j = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \frac{M\alpha_2 - M(\alpha_1 \wedge \alpha_2)}{M\alpha_2} & \frac{M(\alpha_1 \wedge \alpha_2)}{M\alpha_2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{M(\alpha_1 \wedge \alpha_2)}{M\alpha_1} & \frac{M\alpha_1 - M(\alpha_1 \wedge \alpha_2)}{M\alpha_1} & 0 & 0 \\ P(\tau > \beta_1) & 0 & 0 & 0 & P(\tau < \beta_1) & 0 \\ 0 & P(\tau > \beta_2) & 0 & 0 & 0 & P(\tau < \beta_2) \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Матрица переходных вероятностей состоит из переходных вероятностей \hat{P}_i^j укрупненной полумарковской модели

Алгоритм построения СММ на основе укрупненной полумарковской модели



Assume that the vector of signals is

(1,2,1,2,1,2,1,2,0,1,2,1,2,1,2,0,1,2,1,2,0,1,2,1,2,0,1,2,1,2,1,2,1,2,1), n=30.

Результаты / Main results

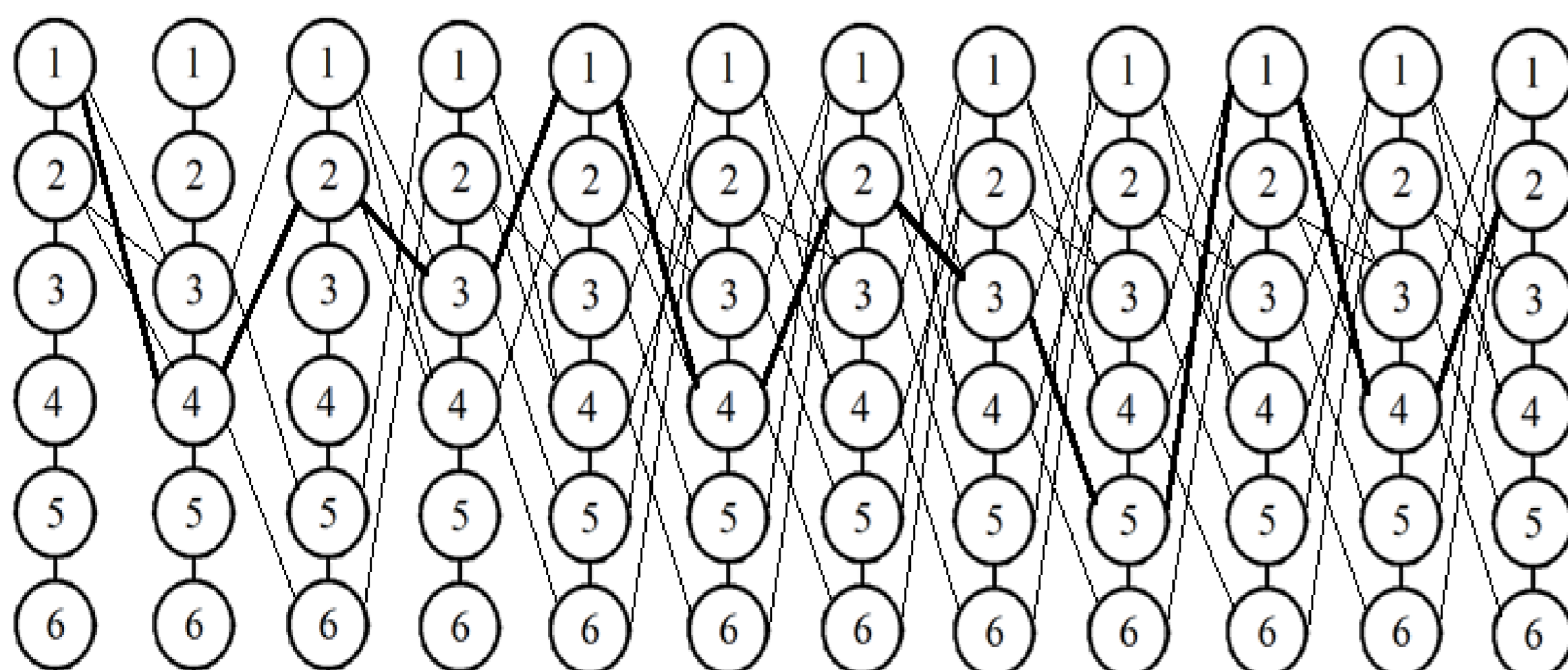
States probabilities at the moment of emission of the 30th signal	Transition probabilities at the 31st step	Probabilities of signals appearance at the 31st step
<ul style="list-style-type: none"> в состоянии 1112 – вероятностью 0,3553 в состоянии 2112 – с вероятностью 0,6447 в остальных – 0. 	<ul style="list-style-type: none"> в состояние 1021 с вероятностью 0,419 в состояние 2201 – 0,581 во все остальные – 0. 	вероятность появления на 31-м шаге: <ul style="list-style-type: none"> сигнала 2 равна 0,99 сигнала 0 – 0,01 сигнала 1 – 0.

Transition number	1	7	11	17	21	26	29
Most state probable	1112	2112	2201	2112	3200	2112	2201
State probability	0,5233	0,6737	0,6520	0,5190	0,5136	0,6132	0,6447

Appearance probability of \bar{s}_{30} **0,00000243**

Укрупненные классы состояний модели условно обозначены как:

1112 ↔ 1, 2112 ↔ 2, 1021 ↔ 3, 2201 ↔ 4, 3020 ↔ 5, 3200 ↔ 6



Trellis diagram of system functioning after training (first 12 states)

Выводы / Conclusions



The study was supported by the grant No. MK-329.2022.4 of the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists - candidates of sciences.