

УДК 530.122

Космологические модели на основе скалярно-торсионной гравитации, соответствующие телепараллельному эквиваленту общей теории относительности

Фомин Игорь Владимирович^(*)

ingvor@inbox.ru
SPIN-код: 4676-2672

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Показано, что для специфической связи между параметрами космологических моделей на основе скалярно-торсионной гравитации нефизические моды космологических возмущений можно исключить как и для случая телепараллельного эквивалента общей теории относительности. На основе представленного подхода получены выражения для параметров космологических возмущений, которые позволяют сопоставить данные параметры для случая скалярно-тензорной гравитации и телепараллельного эквивалента общей теории относительности.

Ключевые слова: космология, скалярное поле, модифицированные теории гравитации, космологические возмущения, реликтовые гравитационные волны

Введение. Скалярно-торсионные теории гравитации, подразумевающие неминимальную связь скалярного поля и кручения, используются для построения моделей как инфляционного, так и современного этапов эволюции Вселенной [1–3].

Тем не менее, необходимо отметить, что модификации телепараллельного эквивалента общей теории относительности приводят к нарушению локальной лоренц-инвариантности [3, 4]. На инфляционной стадии эволюции вселенной нарушение локальной лоренц-инвариантности соответствует появлению дополнительных нефизических мод космологических возмущений, что приводит к необходимости дополнительного анализа эволюции космологических возмущений в инфляционных моделях на основе теорий гравитации данного типа.

Методы и материалы; результаты. Основой предложенного подхода к устранению нефизических мод космологических возмущений в рассматриваемых моделях является анализ характеристик космологических возмущений на основе метода Арновитта-Дезера-Миснера для тетрадных полей [4].

На основе анализа характеристик космологических возмущений было показано, что степенная зависимость между функцией, определяющей тип неминимальной связи между скалярным полем и кручением $G(\varphi)$ и параметром Хаббла $H(t)$, определяющим тип космологической динамики ускоренного расширения ранней вселенной вида $G \sim H^n$, где n — некоторая постоянная, приводит к отсутствию нефизических мод космологических

возмущений. Также было показано, что в частном случае $n = 1/2$ значения параметров космологических возмущений в точности соответствуют случаю телепараллельного эквивалента общей теории относительности.

В качестве важного результата отмечено, что степенная параметризация влияния неминимальной связи скалярного поля и кручения позволяет верифицировать модели космологической инфляции по наблюдательным ограничениям на параметры космологических возмущений для произвольных физических потенциалов скалярного поля.

Заключение. Представлен анализ эволюции космологических возмущений в моделях на основе скалярно-торсионной гравитации, в рамках которого показано, что при степенной зависимости функции неминимальной связи и параметра Хаббла возможно устранить нефизические моды космологических возмущений. Полученные выражения для параметров космологических возмущений являются основой для анализа расхождений в параметрах космологических возмущений для случая скалярно-торсионной гравитации и телепараллельного эквивалента общей теории относительности.

Список источников

- [1] Leon G., Paliathanasis A., Saridakis E.N., Basilakos S. Unified dark sectors in scalar-torsion theories of gravity. *Phys. Rev. D*, 2022, vol. 106, art. no. 024055. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.106.024055>
- [2] Duchaniya L.K., Mishra B., Fomin I.V., Chervon S.V. Dynamical system analysis in modified Galileon cosmology. *Class. Quant. Grav.*, 2024, vol. 41, art. no. 235016. <https://doi.org/10.1088/1361-6382/ad8a13>
- [3] Fomin I.V., Chervon S.V., Duchaniya L.K., Mishra B. The scalar-torsion gravity corrections in the first-order inflationary models. *Phys. Dark Univ.*, 2025, vol. 48, art. no. 101895. <https://doi.org/10.1016/j.dark.2025.101895>
- [4] Gonzalez-Espinoza M., Otalora G. Generating primordial fluctuations from modified teleparallel gravity with local Lorentz-symmetry breaking. *Phys. Lett. B*, 2020, vol. 809, art. no. 135696. <https://doi.org/10.1016/j.physletb.2020.135696>

Cosmological Models Based on Scalar-Torsion Gravity Corresponding to the Teleparallel Equivalent of General Relativity

Fomin Igor Vladimirovich^(*)

ingvor@inbox.ru
SPIN-code: 4676-2672

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. It is shown that for a specific connection between the parameters of cosmological models based on scalar-torsion gravity, non-physical modes of cosmological perturbations can be excluded as for the case of the teleparallel equivalent of the general theory of relativity. Based on the presented approach, expressions for the parameters of cosmological perturbations are obtained, which allow one to compare these parameters for the case of scalar-tensor gravity and the teleparallel equivalent of the general theory of relativity.

Keywords: cosmology, scalar field, modified theories of gravity, cosmological perturbations, relic gravitational waves

Introduction. Scalar-torsion theories of gravity, implying a non-minimal connection between the scalar field and torsion, are used to construct models of both the inflationary and modern stages of the evolution of the Universe [1–3].

However, it should be noted that modifications of the teleparallel equivalent of the general theory of relativity lead to a violation of local Lorentz-invariance [3, 4]. At the inflationary stage of the evolution of the Universe, a violation of local Lorentz-invariance corresponds to the appearance of additional non-physical modes of cosmological perturbations, which leads to the need for additional analysis of the evolution of cosmological perturbations in the inflationary models based on theories of gravity of this type.

Methods and materials; results. The basis of the proposed approach to eliminating non-physical modes of cosmological perturbations in the models under consideration is the analysis of the characteristics of cosmological perturbations based on the Arnowitt-Deser-Misner method for tetrad fields [4].

Based on the analysis of the characteristics of cosmological perturbations, it was shown that the power-law dependence between the function determining the type of non-minimal coupling between the scalar field and torsion $G(\varphi)$ and the Hubble parameter $H(t)$ determining the type of cosmological dynamics of the accelerated expansion of the early universe of the form $G \sim H^n$, where n is a some constant, leads to the absence of non-physical modes of cosmological perturbations. It was also shown that in a particular case $n = 1/2$, the values of the parameters of cosmological perturbations exactly correspond to the case of the teleparallel equivalent of the general theory of relativity.

As an important result, it is noted that the power-law parameterization of the influence of the non-minimal coupling of the scalar field and torsion allows one to verify models of cosmological inflation based on observational constraints on the parameters of cosmological perturbations for arbitrary physical potentials of the scalar field.

Conclusion. The analysis of the evolution of cosmological perturbations in models based on scalar-torsion gravity is presented, within the framework of which it is shown that with a power dependence of the non-minimal coupling function and the Hubble parameter, it is possible to eliminate non-physical modes of cosmological perturbations. The obtained expressions for the parameters of cosmological perturbations are the basis for the analysis of discrepancies in the parameters of cosmological perturbations for the case of scalar-torsion gravity and the teleparallel equivalent of the general theory of relativity.

References

- [1] Leon G., Paliathanasis A., Saridakis E.N., Basilakos S. Unified dark sectors in scalar-torsion theories of gravity. *Phys. Rev. D*, 2022, vol. 106, art. no. 024055.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.106.024055>
- [2] Duchaniya L.K., Mishra B., Fomin I.V., Chervon S.V. Dynamical system analysis in modified Galileon cosmology. *Class. Quant. Grav.*, 2024, vol. 41, art. no. 235016.
<https://doi.org/10.1088/1361-6382/ad8a13>
- [3] Fomin I.V., Chervon S.V., Duchaniya L.K., Mishra B. The scalar-torsion gravity corrections in the first-order inflationary models. *Phys. Dark Univ.*, 2025, vol. 48, art. no. 101895.
<https://doi.org/10.1016/j.dark.2025.101895>
- [4] Gonzalez-Espinoza M., Otalora G. Generating primordial fluctuations from modified teleparallel gravity with local Lorentz-symmetry breaking. *Phys. Lett. B*, 2020, vol. 809, art. no. 135696.
<https://doi.org/10.1016/j.physletb.2020.135696>