

Рассмотрим на примере Республике Беларусь, как складывалось соотношение показателей рентабельности (R_t), рыночной конъюнктуры (A_t) и интенсивности (I) белорусского производства с 1995 по 2005 год (таблица 2). Данные таблицы 2 показывают, что за указанный период показатель рентабельности белорусского производства (R_t) постоянно подавляется показателем рыночной конъюнктуры, или конъюнктуры цен этого периода, что не позволяет белорусским производителям поддерживать необходимый уровень доходности или рентабельности производства. Соответственно, здесь низка и интенсивность производственных средств (показатель I). Тем не менее заметна, хотя и медленная, тенденция повышения показателей рентабельности (R_t) и интенсивности (I), и снижения показателя рыночной конъюнктуры (A_t), что свидетельствует об уменьшении негативного влияния рыночной конъюнктуры цен на потери производством доходов и о повышении уровня использования производством прежде всего внутренних условий приумножения дохода.

Литература

1. Босчаева, З.Н. Управление экономическим ростом / З.Н. Босчаева. — Москва: ЗАО Из-во Экономика, 2004. — 316 с.
2. Статистический ежегодник Республики Беларусь 2006, 2005, 2003, 2001, 1999, 1997.

РЕЛЯТИВИСТСКОЕ ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА В ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ РАЗРЕЖЕННОЙ СРЕДЫ С ПРИТЯГИВАЮЩИМ ЦЕНТРОМ

А.П. Рябушко, д-р физ.-мат. наук, проф.,

Т.А. Жур, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры высшей математики
Белорусский государственный аграрный технический университет

Интенсивное освоение космоса связано с движением искусственных небесных тел — космических аппаратов (КА), на которых устанавливаются высокоточные приборы многоцелевого назначения, передающие информацию на Землю. Для правильной расшифровки этой информации необходимо точное знание законов движения КА, которые диктуются ньютоновским законом тяготения (в первом приближении) и релятивистским законом тяготения (теория тяготения Эйнштейна, или общей теорией относительности). Международным астрономическим союзом (МАС) в 1991 году принята резолюция, согласно которой все астрометрические исследования в ближнем и дальнем космосе должны проводиться на релятивистском уровне, так как ньютоновская теория недостаточно точна.

В ближнем космосе (окрестности Земли) представляет теоретический и практический интерес задача о движении искусственного спутника Земли (ИСЗ) в разреженных верхних слоях атмосферы, когда лобовое сопротивление среды движению ИСЗ ничтожное и он долговременный (на высоте 1 000 км плотность среды $\sim 10^{-19}$ г/см³). С помощью таких ИСЗ решаются многие земные задачи в области связи, телевидения, метеопрогнозов, картографирования земной поверхности, разведки, наличия в недрах земли различных ископаемых (железной руды, угля, нефти, газа) и т.д. Все это возможно только при точном знании законов движения ИСЗ. С этой точки зрения исследования в области релятивистского движения тел связаны с экономикой всех стран Земли и, в частности, с экономикой Беларуси и ее экономическими проблемами в АПК. Одной из причин, побудивших руководство республики принять решение о запуске белорусского ИСЗ, является помощь, которую ИСЗ окажет экономике Беларуси.

В дальнем космосе (вся Солнечная система) с помощью КА проводятся исследования, проливающие свет на строение и эволюцию Солнечной системы, изучающие физические, химические и т. д. свойства планет, комет, астероидов, открывающие новые объекты, приходящие из глубин космоса и сближающиеся с Землей и другими планетами. В настоящее время всеми обсерваториями учреждены службы безопасности Земли, которые ведут специальные наблюдения и проводят соответствующие расчеты траекторий движения малых небесных тел, чтобы вовремя выявить те из них, которые могут сблизиться с Землей до опасного расстояния или даже упасть на нее.

Из всего сказанного следует, что любые исследования по созданию и уточнению теорий движения в гравитационных полях конкретных небесных и искусственных тел имеют чрезвычайно важное значение для земной цивилизации и, в частности, для получения важной информации, используемой в хозяйственно-экономической деятельности.

Белорусской школой по проблеме движения тел в общей теории относительности (ОТО) в давних работах [1], [2] начаты исследования по движению тел в среде. В работе [1] из полевых уравнений тяготения Эйнштейна:

$$R_{\alpha\beta} = -\frac{8\pi\gamma}{c^4} \left(T_{\alpha\beta} - \frac{1}{2} g_{\alpha\beta} T \right), \quad \alpha, \beta = 0, 1, 2, 3, \quad (1)$$

в которых величины имеют общеизвестный смысл, с помощью аппроксимационной процедуры Эйнштейна-Инфельда найдена метрика $g_{\alpha\beta}$ риманова пространства-времени V_4^1 в ньютоновском приближении (НП) и постньютоновском приближении (ПНП) ОТО, определяемая наличием в пространстве однородного газопылевого шара с притягивающим центром. Знание метрики позволяет с той же точностью получить уравнения движения пробного тела внутри и вне газопылевого шара. Вне шара поле является шварцшильдовским и законы движения пробного тела в нем хорошо известны. Внутри шара закономерности движения будут другими, изучение которых и будет нашей целью. Проще всего исходить из уравнений геодезических линий, которые являются следствием уравнений (1):

$$\frac{d^2 x^\alpha}{ds^2} + \Gamma_{\beta\gamma}^\alpha \frac{dx^\beta}{ds} \frac{dx^\gamma}{ds} = 0. \quad (2)$$

Они описывают движение КА (пробного тела) в V_4^1 . Проводя соответствующие вычисления, из них можно получить уравнения движения внутри и вне шара.

Рассмотрим несколько моделей.

Модель I

Ньютоновская плотность среды ρ в газопылевом шаре радиусом R с притягивающим центром определяется равенствами:

$$\rho = \rho_0 = \text{const} \neq 0, \quad r \leq R; \quad \rho = 0, \quad r > R, \quad (3)$$

где r — расстояние до центра шара.

Тогда в ПНП ОТО из (2) находим уравнения движения пробного тела внутри шара:

$$\frac{d^2 x^i}{dt^2} = -\frac{\gamma m}{r^3} x^i - \frac{4}{3} \pi \gamma \rho_0 x^i + f_i^i, \quad r \leq R, \quad i = 1, 2, 3, \quad (4)$$

где $x^i(t)$ — координаты пробного тела в прямоугольной декартовой системе координат;

t — ньютоновское время;

$r = \sqrt{x^1{}^2 + x^2{}^2 + x^3{}^2}$ — расстояние до центра шара;

m — ньютоновская масса притягивающего тела в центре шара;

$\gamma = 6,67 \times 10^{-8} \text{ см}^3/\text{г}\cdot\text{сек}^2$ — ньютоновская постоянная тяготения;

f_i^i — релятивистская поправка к ньютоновскому ускорению пробного тела, которую не выписываем из-за ее громоздкости.

Уравнения (4) совпадают с уравнениями (8)–(10) в работе [2].

Из (4) немедленно следует, что в НП ОТО ускорение пробного тела в гравитационном поле однородной среды ($\rho = \rho_0 = \text{const}$) состоит из двух слагаемых: $a_H^i = -\gamma m x^i / r^3$ — ньютоновское ускорение в пустоте, обязанное притягивающему центру массой m , и

$a_i^i = \frac{4}{3} \pi \gamma \rho_0 x^i$ — добавочное ускорение, являющееся следствием влияния гравитационного поля среды. Их можно записать в векторной форме:

$$\vec{a}_H = \gamma m \vec{r}/r^3, \vec{a}_I = -\frac{4}{3} \pi \gamma \rho_0 \vec{r}. \quad (5)$$

Эти векторы направлены строго к центру шара, но их величины (модули)

$$a_H = |\vec{a}_H| = \gamma m/r^2 \text{ и } a_I = |\vec{a}_I| = \frac{4}{3} \pi \gamma \rho_0 r \quad (6)$$

ведут себя по-разному: a_H уменьшается, а a_I увеличивается с удалением от притягивающего центра. В диапазоне 20–70 а.е. (1 а.е. = $1,5 \times 10^{13}$ см — астрономическая единица) a_I увеличивает свою величину в $70/20 = 3,5$ раза, что не согласуется с экспериментом, так как в этом диапазоне согласно проведенной тщательной обработке информации, переданной КА Pioneer 10 и 11, аномальное ускорение a_p , которому подвергались Pioneer 10 и 11 при их движении к Юпитеру, Сатурну и далее в 1987–1998 годах, имело величину $a_p = (8,74 \pm 1,33) \times 10^{-8}$ см/сек², т. е. разброс значений a_p в диапазоне 20–70 а.е. невелик (см. обзорные работы [3]–[5]). По этой причине при любом ρ_0 аномальное ускорение a_p не может быть объяснено добавочным ускорением a_I .

Релятивистская добавка f_i^i к ускорению a_i^i имеет величину на несколько порядков меньшую, чем a_i^i , если в соответствии с наблюдениями считать $\rho_0 \approx 10^{-24} - 10^{-19}$ г/см³ (см. [6]–[10]).

Эти обстоятельства приводят к необходимости уточнения модели I.

Модель II.1

Для этой модели плотность среды $\rho(r)$ в газопылевом шаре меняется по закону:

$$\rho = \rho_0 \left(1 - \frac{r}{R}\right), 0 \leq r \leq R; \quad (7_1)$$

$$\rho = 0, R \leq r < +\infty, \quad (7_2)$$

где ρ_0 — плотность среды в центре шара.

Принимая (7) и проводя рассуждения и вычисления аналогичные сопутствующим при выводе уравнений движения (4), приходим к следующим уравнениям движения внутри шара в ПНП ОТО (см. [11], [12]):

$$\frac{d^2 x^i}{dt^2} = -\frac{\gamma m}{r^3} x^i - \frac{4}{3} \pi \gamma \rho_0 x^i + \pi \gamma \rho_0 \frac{r}{R} x^i + f_{II}^i, \quad r \leq R, \quad (8)$$

где релятивистская добавка f_{II}^i отличается от f_i^i из (4) в силу выбора закона распределения плотности среды (7); остальные величины имеют прежний смысл.

Добавочное ускорение в НП ОТО в (8)

$$\vec{a}_{II} = -\pi \gamma \rho_0 \left(\frac{4}{3} - \frac{r}{R}\right) \vec{r}, r \leq R \quad (9)$$

всегда дает вектор, направленный строго к центру шара, так как при $r \leq R$ множитель в (9) $4/3 - r/R > 0$. Подчеркнем важное обстоятельство: в ускорении (9) ρ_0 — плотность среды в центральной части газопылевого шара, а не средняя плотность, фигурирующая в формулах (3)–(6).

В близких к Солнцу окрестностях (от поверхности Солнца до орбиты Меркурия), заполненных плазмой хромосферы и солнечной короны, плотность газопылевой составляющей по оценкам специалистов (см. [6], [13], [14]) меняются от 10^{-8} г/см³ в нижних слоях до 10^{-16} г/см³ в верхних слоях солнечной короны. Тогда, например, при $\rho_0 \approx 10^{-15}$ г/см³ на расстоянии $r = 30$ а.е. имеем

$$a_{||} = |\bar{a}_{||}| = \pi \gamma \rho_0 \left(\frac{4}{3} - \frac{r}{R} \right) r \approx 9 \times 10^{-8} \text{ см/сек}^2 \approx a_p!$$

Проанализируем создавшуюся ситуацию более подробно. Добавочное ускорение (9) по модулю, как легко показать, увеличивается при увеличении расстояния r от $r = R_0 = 7 \times 10^{10}$ см (радиус Солнца) до $r = 2R/3$ и начинает уменьшаться в интервале $(2R/3; R)$. Ориентируясь на расстояние до самой далекой известной в настоящее время малой планеты Плутон ($r_p \approx 40$ а.е. $\approx 6 \times 10^{14}$ см), принимаем за границу газопылевого шара $R \approx 80$ а.е. $\approx 1,2 \times 10^{15}$ см. Вычисляем $a_{||}$ при разных r , приняв для ρ_0 и R обоснованные наблюдениями значения: $\rho_0 = 0,9 \times 10^{-15}$ г/см³ или $\rho_0 = 10^{-15}$ г/см³, $R = 80$ а.е. $\approx 1,2 \times 10^{15}$ см. Результаты вычислений сведем в таблицу 1:

Таблица 1 — Результаты вычислений

r а.е.		20	30	40	50	2R/3	60	70
$10^8 a_{ }$ см/сек ²	$\rho_0 \approx 0,9 \times 10^{-15}$ г/см ³	6,14	8,13	9,42	10,04	10,05	9,92	9,06
	$\rho_0 \approx 10^{-15}$ г/см ³	6,82	9,03	10,47	11,16	11,17	11,02	10,07

Согласно обзорным работам по Pioneer anomaly [3]–[5] в диапазоне $r = (20 \div 70)$ а.е. аномальное ускорение a_p Pioneer 10 и 11 менялось в пределах от $7,41 \times 10^{-8}$ см/сек² до $10,07 \times 10^{-8}$ см/сек², что вполне удовлетворительно согласуется с результатами таблицы 1. Однако модель распределения плотности среды (7) недостаточно точно согласуется с наблюдательными данными. Согласно новейшим данным [10] плотность газопылевой среды, измеренная КА Pioneer 10, 11 на расстояниях 20–70 а.е., значительно выше плотности $\rho \approx (10^{-24} \div 10^{-21})$ г/см³ (окрестности орбиты Земли) и составляет $\rho_p \approx (5 - 30) \times 10^{-20}$ г/см³. Возможно, в этой зоне находится так называемая «темная материя» и Эджевер–Койпер пояс (20–50 а.е.).

В шаровом слое 2–6 а.е находится материя в виде поясов астероидов, комет семейства Юпитера, скоплений тел около точек либрации (греки, троянцы) и других объектов, создающих дополнительное гравитационное поле и, следовательно, дополнительное ускорение КА.

Нетрудно подсчитать, опираясь на данные астрономии [8], [15–19], что в слое 2–6 а.е. общая масса упомянутых небесных объектов примерно равна половине массы Земли: 3×10^{27} г. Если эту массу равномерно «размыты» (равномерно распределить) по шаровому слою 2 а.е — 6 а.е, объем которого примерно равен 3×10^{42} см³, то получим среднюю плотность материи (не газопылевой!) в этом слое $\approx 10^{-15}$ г/см³. В реальности плотность нужно считать убывающей при увеличении расстояния от 5 а.е. до 80 а.е. Поэтому вблизи $r_2 = 5$ а.е. (орбита Юпитера) будем считать, что «размытая» плотность $\rho_2 = 0,8 \times 10^{-15}$ г/см³.

Все высказанные соображения являются основой для построения следующей модели.

Модель III

Закон распределения плотности материи $\rho(r)$ задаем следующим образом:

$$\rho = \rho_0 \left(1 - \frac{r}{r_1} \right) + \rho_1 \frac{r}{r_1}, \quad 0 \leq r \leq r_1; \quad (13_1)$$

$$\rho = \rho_1 + (\rho_2 - \rho_1) \frac{r - r_1}{r_2 - r_1}, \quad r_1 \leq r \leq r_2; \quad (13_2)$$

$$\rho = \rho_2 \frac{R-r}{R-r_2}, \quad r_2 \leq r \leq R; \quad (13_3)$$

$$\rho = 0, \quad R \leq r < +\infty. \quad (13_4)$$

Графически такое распределение плотности можно представить схематически (не соблюдая масштабов) в виде ломаной из трех звеньев (рисунок 1).

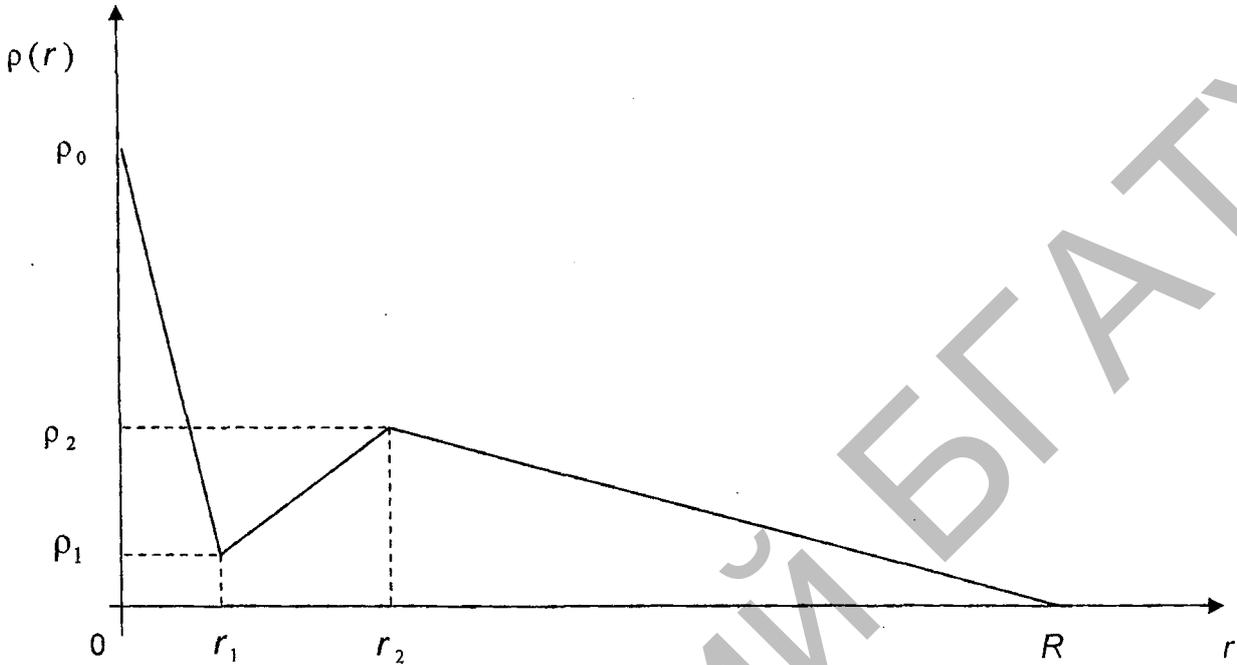


Рисунок 1 — Закон распределения плотности материи $\rho(r)$

Введя эту плотность известным способом (см. [1], [11]) в тензор энергии-импульса $T_{\alpha\beta}$ в уравнениях Эйнштейна (1), получим в НП и ПНП ОТО уравнения для нахождения метрики $g_{\alpha\beta}$, что дает возможность из уравнений геодезических (2) в тех же приближениях вывести уравнения движения КА (пробного тела) в случае закона распределения плотности материи (13) и наличия гравитирующего центра с массой m . Не проводя подробных промежуточных вычислений, выписываем в окончательном виде уравнения движения:

$$\frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = -\frac{\gamma m}{r^3} \vec{r} - \frac{1}{3} \pi \gamma \left[4\rho_0 - 3(\rho_0 - \rho_1) \frac{r}{r_1} \right] \vec{r} + \vec{\Phi}_1, \quad 0 < r \leq r_1; \quad (14_1)$$

$$\frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = -\frac{\gamma m}{r^3} \vec{r} - \frac{1}{3} \pi \gamma \left[\left(\rho_0 - \rho_1 + r_1 \frac{\rho_2 - \rho_1}{r_2 - r_1} \right) \frac{r_1^3}{r^3} + \frac{\rho_2 - \rho_1}{r_2 - r_1} (3r - 4r_1) + 4\rho_1 \right] \vec{r} + \vec{\Phi}_2, \quad r_1 \leq r \leq r_2; \quad (14_2)$$

$$\frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = -\frac{\gamma m}{r^3} \vec{r} - \frac{1}{3} \pi \gamma \left\{ \left(\rho_0 - \rho_1 \right) \frac{r_1^3}{r^3} + \frac{4R - 3r}{R - r_2} \rho_2 + \frac{1}{r^3} \left[(4r_2^3 - r_1^3) \rho_1 + \frac{\rho_2 - \rho_1}{r_2 - r_1} (3r^4 - 4r_1 r_2^3 + r_1^4) + \frac{3r_2 - 4R}{R - r_2} r_2^3 \rho_2 \right] \right\} \vec{r} + \vec{\Phi}_3, \quad r_2 \leq r \leq R; \quad (14_3)$$

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = -\frac{\gamma(m+m_p)}{r^3}\vec{r} + \vec{\phi}_4, \quad R \leq r < +\infty, \quad (14_4)$$

$$\text{где } m_p = \frac{1}{3}\pi \left[(\rho_0 - \rho_1)r_1^3 + 4r_2^3\rho_1 + (3r_2^4 - 4r_1r_2^3 + r_1^4)\frac{\rho_2 - \rho_1}{r_2 - r_1} + (R^4 - 4Rr_2^3 + 3r_2^4)\frac{\rho_2}{R - r_2} \right] \quad (15)$$

т. е. m_p является массой всей содержащейся в шаре материи без массы центра m . Векторы $\vec{\phi}_i (i = 1, 2, 3, 4)$ являются релятивистскими добавками к ньютоновским ускорениям в каждой из четырех зон: $0 < r \leq r_2$, $r_1 \leq r \leq r_2$, $r_2 \leq r \leq R$, $R \leq r < +\infty$. На стыках этих зон r_1, r_2 и R уравнения движения совпадают. Это является следствием того, что гравитационное поле, скорости и ускорения пробных тел меняются непрерывно при переходе из зоны в зону.

Подробное рассмотрение величин, находящихся в квадратных и фигурных скобках в формулах (14), (15) показывает, что для рассматриваемых плотностей эти величины положительны. Отсюда, и из того, что $|\vec{\phi}_i|$ на несколько порядков меньше ньютоновских ускорений, следует важный вывод: добавочное ускорение КА (пробного тела) всегда направлено строго к центру, что и зарегистрировано КА Pioneer 10, 11.

Величина (модуль) добавочного ускорения зависит от выбора значений шести параметров $\rho_0, \rho_1, \rho_2, r_1, r_2, R$, для которых в соответствии с известными экспериментальными данными и высказанным выше соображениями мы примем следующие значения:

$$\rho_0 = 10^{-11} \text{ г/см}^3, \quad \rho_1 = 10^{-21} \div 10^{-24} \text{ г/см}^3, \quad \rho_2 = 0,8 \times 10^{-15} \text{ г/см}^3, \quad r_1 = 1 \text{ а.е.}, \\ r_2 = 5 \text{ а.е.}, \quad R = 80 \text{ а.е.} \quad (16)$$

Значения добавочного ускорения a_{III} вычислим в диапазоне $20 \text{ а.е.} \leq r \leq 80 \text{ а.е.}$, воспользовавшись ньютоновской частью формулы (14₃). Для a_{III} имеем выражение

$$a_{III} = |\vec{a}_{III}| = \frac{1}{3}\pi\gamma \left\{ (\rho_0 - \rho_1)\frac{r_1^3}{r^2} + \frac{4R - 3r}{R - r_2}\rho_2 r + \right. \\ \left. + \frac{1}{r^2} \left[(4r_2^3 - r_1^3)\rho_1 + \frac{\rho_2 - \rho_1}{r_2 - r_1}(3r_2^4 - 4r_1r_2^3 + r_1^4) + \frac{3r_2 - 4R}{R - r_2}r_2^3\rho_2 \right] \right\}. \quad (17)$$

Подставив значения величин (16) в формулу (17), после несложных вычислений приходим к таблице 2:

Таблица 2 — Результаты вычислений

r а.е.	20	30	40	50	60	70	80
$10^8 a_{III}$ см/сек ²	8,41	8,88	9,61	9,94	9,70	8,82	7,33

Как видно из табл. 2, значения добавочного ускорения a_{III} в диапазоне 20–70 а.е. заключены в интервале $(8,41 - 9,94) \times 10^{-8} \text{ см/сек}^2$, что хорошо согласуется с экспериментальным интервалом $(7,41 - 10,07) \times 10^{-8} \text{ см/сек}^2$, установленным КА Pioneer 10,11 [3]–[5]. Слегка варьируя значения параметров (16) можно варьировать значения a_{III} , добиваясь еще лучшего совпадения с результатом эксперимента.

При выбранных согласно (16) плотности $\rho_2 = 0,8 \times 10^{-15} \text{ г/см}^3$, расстояний $r_2 = 5 \text{ а.е.}$, $R = 80 \text{ а.е.}$, плотность ρ в поясе 20–70 а.е. изменяется по формуле (13₃) в пределах

$$\rho \approx (1 \div 6) \times 10^{-16} \text{ г/см}^3. \quad (18)$$

В работе [10] приводится измеренная Pioneer 10 и 11 плотность межпланетной пылевой среды в этом поясе: $\rho = (0,5 \div 3) \times 10^{-19}$ г/см³, которая примерно на 3 порядка меньше. Однако в поясе 20–70 а.е. кроме газопылевой составляющей имеется еще множество транснептуновых объектов, суммарная масса которых, разделенная на объем пояса, дает среднюю плотность порядка 10^{-16} г/см³ (см. [17–19]), что согласуется с (18). Действительно, в транснептуновом поясе содержится $\sim 10^{11}$ объектов, диаметр которых $d > 1$ км [18]. Средняя масса каждого из этих объектов $\sim 10^{18}$ г, суммарная масса $\sim 10^{18} \times 10^{11} = 10^{29}$ г. Объем пояса 20–70 а.е. $\sim 10^{45}$ см³. Следовательно, плотность среды $\sim 10^{29} / 10^{45} = 10^{-16}$ г/см³.

Итак, согласно уравнениям движения (14_i), (15) и формуле (17), впервые полученным в настоящей работе, основным постоянным источником аномального ускорения Pioneer 10, 11 в шаровом слое 20–70 а.е., направленного строго к Солнцу и имеющего величину $a_p = (8,74 \pm 1,33) \times 10^{-8}$ см/сек², является совокупное гравитационное поле комет семейства Юпитера, транснептуновых объектов в поясе Эджеверса–Койпера, поясов астероидов, газопылевой межпланетной среды и других объектов.

Сила лобового сопротивления газопылевой среды не может формировать Pioneer-аномалию, так как она приводит к добавочным ускорениям на несколько порядков меньшим, чем a_p , и не направлена строго к Солнцу [3]–[5], [10].

Отпадает необходимость во множестве гипотез, проектов, новых физических теорий, предлагавшихся на протяжении многих лет для объяснения Pioneer-аномалии (см. обзорные работы [3]–[5], [10] и указанную в них литературу).

Существует закон движения (14₃) (или, может быть, (8)), являющийся следствием уравнений тяготения Эйнштейна, который качественно и количественно согласуется с Pioneer-аномалией (которую лучше было бы называть Pioneer-эффектом).

Модель III, как и всякая математическая модель некоторого физического явления, описывает реальность приближенно. Здесь возможны корректировки за счет изменений в выборе значений указанных ранее параметров, или замены ломаной распределения плотности на рисунке 1 плавной линией, или отказа от сферической симметрии и переходе к осевой симметрии распределения материи и т. д.

Модели I и II полезны тем, что именно благодаря им возникла гипотеза (обоснованная в данной работе) об ответственности гравитационного поля окосолнечной материи за возникновение Pioneer-аномалии. Кроме того, эти модели могут описывать реальность в других планетарных системах, диффузных туманностях или в отдельных зонах межпланетного пространства Солнечной системы.

Более подробные вычисления и обсуждения закономерностей релятивистского движения пробных тел в гравитационных полях Моделей I, II и III и, в частности, проблемы Pioneer-аномалии будут даны в следующих работах авторов.

Литература

1. Рябушко, А.П., Неманова, И.Т. // Докл. АН БССР, 27 (1983). — № 10. — С. 889–892.
2. Рябушко, А.П., Неманова, И.Т. // Докл. АН БССР, 28 (1984). — № 9. — С. 806–809.
3. Anderson J.D., Laing, P.A., Lau, E.L., Liu, A.S., Nieto, M.M., Turyshev, S.G. // Phys.Rev. D.65 (2002). — P. 1–50.
4. Nieto, M.M., Turyshev, S.G. Using Early Data to Illuminate the Pioneer-Anomaly. gr-qc/0507052.
5. Nieto, M.M., Turyshev, S.G. // Class.Quant. Grav. 21(2004). — P. 4005–4023.
6. Никольский, Г.М. Солнечная система и межпланетное пространство / Г.М. Никольский. — Москва, 1983.
7. Фесенков, В.Г. Солнце и солнечная система / В.Г. Фесенков // Избр. Тр. — Москва, 1976.
8. Бакулин, П.И. Курс общей астрономии / П.И. Бакулин, Э.В. Кононович, В.И. Мороз. — Москва, 1983.
9. Радзиевский, В.В. Солнечная система. Маленькая энциклопедия «Физика космоса» / В.В. Радзиевский. — Москва, 1976.
10. Nieto, M.M., Turyshev, S.G., Anderson, J.D. // Phys.Lett.B.613 (2005) 11–19, astro-ph/0501626.
11. Рябушко, А.П., Неманова, И.Т., Жур, Т.А. // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-мат. Навук. — № 4 (2005). — С. 77–85.
12. Рябушко, А.П., Неманова, И.Т., Жур, Т.А. // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-мат. навук, (в печати).

13. Всехсвятский. Космогония Солнечной системы. Сб. «Проблемы современной космогонии». — Мосева, 1972.
14. Лившиц, М.А. Солнечная корона. Маленькая Энциклопедия. «Физика космоса» / М.А. Лившиц. — Москва, 1976.
15. Мааров, М.Я. Планеты Солнечной системы / М.Я. Мааров. — Москва, 1986.
16. Мааров, М.Я. Физические свойства и модели комет (обзор) / М.Я. Мааров // Астрон. вестн. 1994. Т. 28. — № 4–5. — С. 5–85.
17. Levison, H.F., Duncan, M.J. // Icarus. — 1997. — V. 127. — P. 13–23.
18. Jewitt, D. // Annu. Rev. Earth. Planet. Sci. — 1999. — P. 287–312.
19. Ипатов, С.И. Миграция небесных тел в Солнечной системе / С.И. Ипатов. — Москва, 2000.

СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПО ОЦЕНКЕ НОВЫХ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ

А.С. Сайганов, д-р экон. наук, проф.

Центр аграрной экономики Института экономики НАН Беларуси (г. Минск)

Важнейшими стратегическими направлениями развития как сельского хозяйства, так и агропромышленного комплекса в целом являются научно-технический прогресс и инновационные процессы, позволяющие осуществлять непрерывное обновление производства на основе освоения достижений науки и техники.

В области механизации и автоматизации основные инновации, внедряемые в агропромышленное производство, должны включать:

- использование новых и усовершенствованных технологий;
- применение комбинированных машин и агрегатов;
- обеспечение экологической безопасности;
- обеспечение безопасности и комфортности при использовании техники;
- применение унифицированных узлов и деталей;
- организацию создания машинно-технологических станций и механизированных отрядов;
- поставку техники по лизингу;
- создание дилерской службы;
- организацию ремонтно-восстановительной деятельности;
- формирование системы кадров инженерно-технического обеспечения АПК;
- кооперацию и интеграцию при создании новых технических комплексов;
- адапционную пригодность машин для конкретных типов почв, видов растений и животных.

В этой связи очень важное значение должно отводиться комплексной технико-экономической оценке создаваемых новых средств механизации и другой законченной научно-технической продукции. Поэтому система показателей для оценки вновь выпускаемых машин и оборудования должна включать следующие их группы: 1) показатели технической оценки; 2) показатели технологической оценки; 3) показатели социальной эффективности; 4) показатели экологической оценки и 5) показатели экономической оценки.

1. К показателям технической оценки относятся:

- тип машинного агрегата (МА) и способ агрегатирования (привода) сельскохозяйственной техники, оборудования, приспособления: мобильный тракторный агрегат (МТА), самоходный, стационарный с приводом от электродвигателя или вала отбора мощности (ВОМ) трактора, автомобильный транспорт;
- номинальная мощность двигателя, потребляемая мощность (энергопотребление), класс тяги трактора, тяговое усилие (сопротивление МА), крутящий момент ВОМ;
- проходимость агрегата;
- устойчивость МА при работах на склонах;
- рабочая скорость (км/ч);
- транспортная скорость (км/ч);
- скорость оборотов ВОМ двигателя (об/мин);
- ширина захвата агрегата (м);
- емкость (грузоподъемность) рабочих бункеров (м³, т);