

ISSN 2310-3353



«А. БАЙТҰРСЫНОВ  
АТЫНДАҒЫ ҚОСТАНАЙ ӨңІРЛІК  
УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ



# ҚМПИ ЖАРШЫСЫ

ҒЫЛЫМИ-ӘДІСТЕМЕЛІК ЖУРНАЛ  
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 3

2022



150  
жы  
Ахмет  
БАЙТҰРСЫНОВ

Қостанай мемлекеттік педагогикалық институтының ЖАРШЫСЫ

ҒЫЛЫМИ-ӘДІСТЕМЕЛІК ЖУРНАЛ

№ 3 2022

### Әдебиеттер тізімі

1. Ахметбекова Р. Мақал-мәтел даналыққа бастайды. //Қазақстан мектебі// 2000 ж., №9.
2. Мукәддәс Мирза. Қазақ-ұйғыр мақал-мәтелдерінің паремиологиялық жүйесі: филол. ғыл. канд. автореф. – Алматы, 2007. – 26 б.
3. Донбаева А.Б. «Даналық түбі бір», – Алматы, 2004. – 133 б.
4. Донбаева А.Б. Араб және қазақ мақал-мәтелдерінің лексика-грамматикалық ерекшеліктері: филол. ғыл. канд. автореф. – Алматы, 2003 – 25 бет.
5. Нұрғали Рымғали. Жеті томдық шығармалар жинағы. «Қазақтың 10000 мақал-мәтелі». – Астана, «Фолиант», 2006. – 636 б.

Материалдар редакцияға түсті: 16.06.2022

**БЕКБОСЫНОВА, А.Х., ТУРЕБАЕВА, А.О.**

### ОСОБЕННОСТИ КАЗАХСКИХ И УЙГУРСКИХ, АРАБСКИХ ПОСЛОВИЦ И ПОГОВОРОК

*В статье проведен сравнительный теоретический анализ казахских пословиц и поговорок на других языках. Данная статья посвящена изучению особенностей употребления, национально-культурного характера казахских, уйгурских, арабских пословиц и поговорок.*

**Ключевые слова:** пословицы и поговорки, национальный менталитет, односложные пословицы, двудольные пословицы, интернациональные пословицы.

**BEKBOSSYNNOVA, A.H., TUREBAEVA, A.O.**

### FEATURES OF KAZAKH, UYGHUR, AND ARABIC PROVERBS

*The article provides a theoretical analysis of Kazakh proverbs and sayings in comparison with proverbs and sayings in other languages. This article is devoted to the study of the national and cultural characteristics of Kazakh, Uyghur, and Arabic Proverbs and sayings.*

**Key words:** Proverbs, national mentality, proverbs with one tag, proverbs with two tag, proverbs with international proverbs.

## УДК 53

**Дәмина, Н.Ф.**

кандидат педагогических наук,  
профессор кафедры физики, математики  
и цифровых технологий,  
КРУ имени А. Байтұрсынова,

**Москаленко, А.Т.**

учитель физики КГУ «Школа-гимназия № 12  
отдела образования акимата  
Костанайской области»,  
Костанай, Казахстан

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕТЕОРОИДОВ С АТМОСФЕРОЙ ЗЕМЛИ

### Аннотация

*В статье обсуждаются результаты компьютерного моделирования взаимодействия метеороидов с атмосферой Земли. Модель, разработанная на основе уравнений физической теории метеорных явлений, позволила исследовать влияние различных факторов на движение метеороида в атмосфере и оценить последствия вторжения.*

**Ключевые слова:** метеороид, атмосфера, моделирование.

### 1 Введение

Каждый день в атмосферу Земли влетает от 100 до 1000 тонн космических объектов, называемых метеороидами. Они представляют собой твердые тела размером от  $10^{-4}$  см. Из-за

активного взаимодействия с атмосферой метеороиды могут плавиться, испаряться и разрушаться (все эти процессы принято называть абляцией), так что не каждый из них способен достичь поверхности Земли и стать метеоритом. Однако если масса и скорость метеороида достаточно велика, его падение может привести к катастрофическим последствиям. В связи с этим актуальной проблемой является прогнозирование возможных сценариев вторжения метеороидов в атмосферу [1].

Массы метеороидов варьируются в диапазоне от  $10^{-10}$  до  $10^4$  кг. В зависимости от доминирующего состава метеороиды подразделяются на три группы: 1) каменные (имеют минеральный состав); 2) железные (состоят из железоникелевого сплава); 3) железокаменные.

Наиболее часто падают на Землю каменные метеориты (93% от общего числа падений). На железные метеориты приходится около 6% всех падений. Самыми редкими являются железокаменные метеориты (около 1%).

Скорости входа метеороидов находятся в интервале от 11,2 до 72 км/с [2]. Нижний предел – это вторая космическая скорость (скорость убегания) для Земли, а верхний – скорость убегания из Солнечной системы (42 км/с), сложенная со скоростью орбитального движения Земли (30 км/с). Углы входа в атмосферу могут варьироваться от  $90^\circ$  (вертикальное падение) до очень малых значений. Реально наблюдаемые метеороиды, как правило, входят в атмосферу под достаточно большими углами.

## 2 Материалы и методы

Рассмотрим основные уравнения, описывающие движение метеороида в атмосфере Земли [3]. Будем придерживаться следующих допущений: 1) метеорное тело однородно и имеет форму шара; 2) по мере абляции форма тела не изменяется; 3) влияние вращения пренебрежительно мало; 4) дробление отсутствует.

Полёт метеороида в атмосфере происходит под действием двух сил: силы тяжести  $mg$  и силы сопротивления воздуха  $F_c$ . Сила аэродинамического сопротивления пропорциональна квадрату скорости тела. Тогда уравнения движения имеют вид:

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{C_D \rho S v^2}{2m} + g \sin \theta,$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{g \cos \theta}{v} - \frac{v \cos \theta}{R_3 + h}.$$

Первое уравнение описывает изменение модуля скорости метеороида  $v$ , второе – изменение угла наклона скорости к поверхности Земли  $\theta$ . В этих уравнениях  $m$  – масса метеороида,  $S$  – площадь его поперечного сечения,  $h$  – высота над поверхностью Земли,  $\rho$  и  $g$  – плотность атмосферы и ускорение свободного падения на высоте  $h$ ,  $R_3$  – радиус Земли.

Безразмерный параметр  $C_D$  называется коэффициентом аэродинамического сопротивления и зависит от формы тела, а также от условий атмосферы. Так, при движении в разреженном газе, когда длина свободного пробега молекул больше характерного размера тела,  $C_D = 2$ : весь импульс набегающего потока передаётся телу (абсолютно неупругий удар). При движении тела в плотной атмосфере, когда длина свободного пробега молекул много меньше характерного размера тела, для шарообразных тел  $C_D = 1$ .

Третье уравнение описывает потерю массы метеороида вследствие процесса абляции:

$$\frac{dm}{dt} = -\frac{C_H \rho S v^3}{2q},$$

где  $q$  – удельная теплота абляции (для каменных и железных метеороидов она составляет около  $5 \cdot 10^6$  Дж/кг),  $C_H$  – коэффициент теплопередачи. Коэффициент теплопередачи всегда меньше единицы, потому что не вся энергия набегающих молекул идёт на абляцию: она также переходит в излучение, растрачивается на ионизацию молекул, а наиболее значительная часть уносится отлетающими молекулами воздуха и молекулами паров. Хорошим приближением коэффициента теплопередачи является значение  $C_H = 0,02$  [4].

Оставшиеся уравнения – чисто кинематические – позволяют найти высоту метеороида над поверхностью Земли  $h$  и горизонтальное смещение  $x$ :

$$\frac{dh}{dt} = -v \sin \theta, \quad \frac{dx}{dt} = \frac{v \cos \theta}{1 + \frac{h}{R_3}}$$

Для анализа полёта метеороида в атмосфере понадобится несколько вспомогательных уравнений. Первое позволяет определить плотность атмосферы как функцию высоты и представляет собой известную барометрическую формулу [3, 4]:

$$\rho = \rho_0 e^{-\frac{h}{H}},$$

где  $\rho_0$  – плотность атмосферы у поверхности Земли ( $1,29 \text{ кг/м}^3$ ),  $H$  – характерная высота атмосферы (8 км).

Второе вспомогательное уравнение необходимо, чтобы найти ускорение свободного падения на той или иной высоте:

$$g = \frac{GM}{(R_3 + h)^2},$$

где  $G$  – гравитационная постоянная,  $M$  – масса Земли.

Третье уравнение даёт возможность рассчитать мгновенную площадь поперечного сечения метеороида в зависимости от его массы, которая уменьшается из-за абляции. Поперечное сечение шарообразного метеороида радиуса  $r$  есть круг площадью

$$S = \pi r^2,$$

где радиус может быть определён через плотность метеороида  $\delta$  следующим образом:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\delta}}$$

Подставляя это в формулу площади, получим:

$$S = \pi \left( \frac{3m}{4\pi\delta} \right)^{\frac{2}{3}} = \pi \left( \frac{3}{4\pi} \right)^{\frac{2}{3}} \left( \frac{m}{\delta} \right)^{\frac{2}{3}} \approx 1,2 \left( \frac{m}{\delta} \right)^{\frac{2}{3}}.$$

Таким образом, полёт метеороида в атмосфере описывается системой из пяти основных и трёх вспомогательных уравнений. Решая эту систему численными методами, можно точно определить траекторию метеороида и ответить на вопрос, достигнет ли он поверхности.

### 3-4 Результаты и обсуждение

Для решения системы уравнений, описывающих движение метеороида в атмосфере, была разработана компьютерная программа, внешний вид которой представлен на рисунке 1.

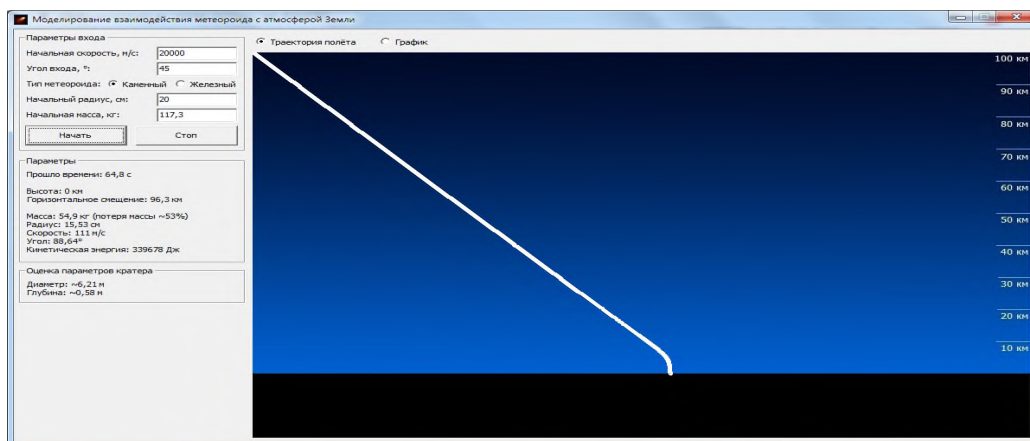


Рисунок 1. Программа для моделирования движения метеороидов

Программа позволяет задать начальные параметры метеороида: скорость и угол входа, начальный радиус и тип (каменный или железный), а затем наблюдать, как будут меняться его параметры по мере движения в атмосфере. Процесс моделирования начинается с высоты  $h_0 = 100$  км, где плотность атмосферы почти равна нулю и количеством теплоты, полученным выше  $h_0$ , можно пренебречь [3].

В программе рассчитываются параметры метеороида по мере его падения от высоты 100 км до 0 (поверхность Земли). Для наглядности на экран выводится траектория движения метеороида; также можно построить графики изменения его параметров с течением времени или в зависимости от высоты.

Для верификации программы проводились тестовые расчёты и их сравнение с имеющимися в литературе численными решениями и наблюдательными данными. Так, например, было промоделировано движение фрагмента метеорита Лост-Сити, полёт которого был зафиксирован в 1970 году в США. Начальная масса тела составляла около 18 кг, плотность  $\delta = 3600$  кг/м<sup>3</sup>, скорость входа  $v = 14,2$  км/с, угол входа  $\theta = 43^\circ$ . Полученные результаты оказались в хорошем соответствии с данными наблюдений [5].

С помощью моделирования было исследовано влияние параметров входа на потерю массы метеороида. Как выяснилось, доля потерянной массы практически не зависит ни от начальной массы тела, ни от угла входа. Главным параметром, влияющим на интенсивность абляции, является скорость входа. Это хорошо видно на рисунке 2: при минимальной скорости входа (11,2 км/с) потеря массы составляет 21%, а при максимальной (72 км/с) – практически 100%.

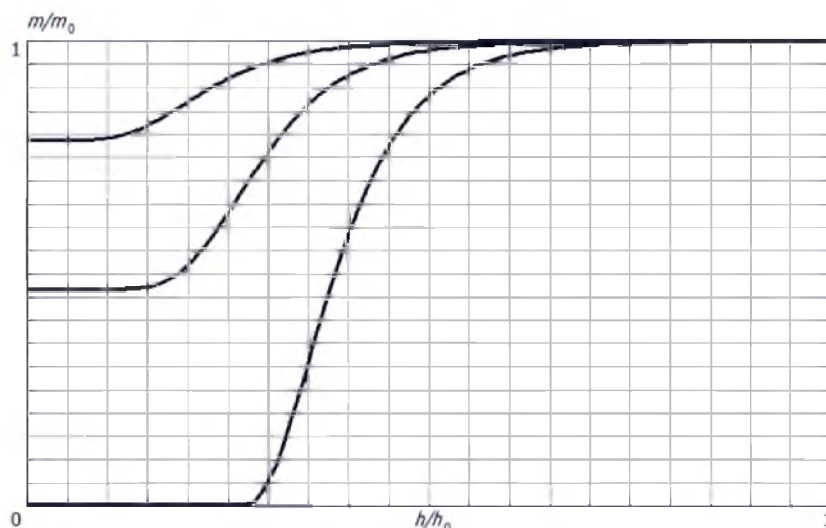


Рисунок 2. Потеря массы метеороида при разных скоростях входа

На рисунке 3 приводится график изменения угла траектории метеороида к горизонту. Видно, что в полёте тело теряет горизонтальную составляющую скорости и к концу пути падает вертикально.

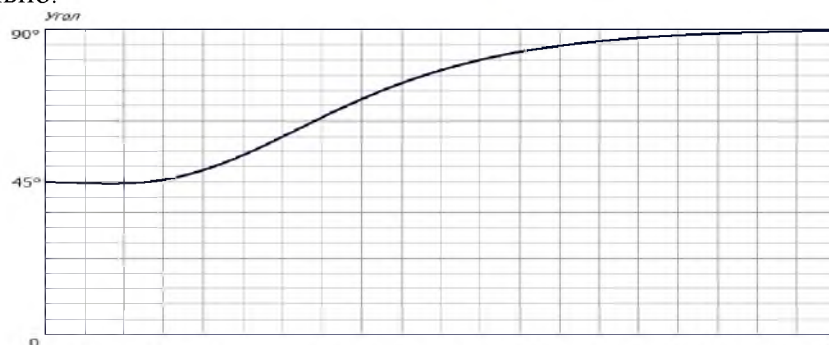


Рисунок 3. График изменения угла для  $R = 0,1$  м при  $v = 20$  км/с и  $\theta = 45^\circ$

Было изучено, как энергия удара зависит от скорости входа метеороида. Для примера рассмотрим каменное тело радиусом 0,5 м (начальная масса 1,8 т), которое входит в атмосферу под углом 45° при разных скоростях – от минимальной до максимальной. Результаты моделирования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Конечная масса, скорость и кинетическая энергия каменного метеороида радиусом 0,5 м при разных скоростях входа в атмосферу

Скорость входа, км/с	Конечная масса, кг	Скорость при ударе, м/с	Энергия удара, кДж
11,2	1445	410	121 586
20	858	400	68 574
25	560	306	26 226
30	338	208	7 278
40	95	123	710
50	18	91	73
60	1,6	60	2,8
72	0,022	40	0,018

## 5 Выводы

Полученные на основе моделирования результаты на первый взгляд могут показаться парадоксальными: чем выше скорость входа метеороида в атмосферу, тем меньшей оказывается энергия удара о земную поверхность. Однако это легко объяснить тем, что увеличение скорости движения приводит к резкому росту интенсивности абляции: согласно уравнению потери массы, темп абляции прямо пропорционален кубу скорости метеороида. Вследствие этого быстрый метеороид обычных размеров теряет почти всю свою массу в плотных слоях атмосферы, а Земли достигает лишь небольшой фрагмент, не представляющий опасности.

Таким образом, благодаря моделированию были выявлены факторы, наиболее заметно влияющие на процесс взаимодействия метеороида с атмосферой. Благодаря этому можно оценить последствия вторжения в атмосферу метеороида с заданными начальными параметрами.

## Список литературы

1. Шустов Б.М., Рыхлова Л.В. (ред.). Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра. – М.: Физматлит, 2010. – 384 с.
2. Боярчук А.А. (ред.) Угроза с неба: рок или случайность? – М.:Космосинформ, 1999. – 220 с.
3. Бронштэн В. А. Физика метеорных явлений. – М.: Наука, 1981. – 416 с.
4. Мелеш Г. Образование ударных кратеров: геологический процесс. – М.: Мир, 1994. – 336 с.
5. Коробейников В.П. Математическое моделирование катастрофических явлений природы. – М.: Знание, 1986. – 48 с.

*Материал поступил в редакцию 01.06.2022*

**ДЕМИНА, Н.Ф., МОСКОЛЕНКО, А.Т.**

**ЖЕР АТМОСФЕРАСЫМЕН МЕТЕОРОИДТАРДЫҢ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУІН МОДЕЛЬДЕУ**

*Мақалада метеороидтердің Жер атмосферасымен әрекеттесуін компьютерлік модельдеу нәтижелері талқыланады. Метеорлық құбылыстардың физикалық теориясының теңдеулері негізінде жасалған модель атмосферадағы метеороидтің қозғалысына әртүрлі факторлардың әсерін зерттеуге және басып кірудің салдарын бағалауға мүмкіндік берді.*

**Кілт сөздер:** метеороид, атмосфера, модельдеу.

**DYOMINA, N.F., MOSKALENKO, A.T.**

**SIMULATION OF METEOROID INTERACTION WITH THE EARTH ATMOSPHERE**

*The article discusses the results of computer simulation of the interaction of meteoroids with the Earth atmosphere. The model, developed on the basis of the equations of the physical theory of meteor phenomena, made it possible to study the influence of various factors on the movement of a meteoroid in the atmosphere and evaluate the consequences of the invasion.*

**Key words:** meteoroid, atmosphere, simulation.