

При взаємодії со смежними організаціями, выступаючими в ролі подрядчиков для підприємства-исполнителя, также необходимо указывать условия распределения прав на ОПИС. Отдел патентно-инновационных исследований ГП «КБ «Южное»» в договорах со смежними організаціями предлагает применять следующую формулировку:

«Имущественные права ИС на результаты выполненных работ принадлежат Заказчику, а личные неимущественные права ИС – Исполнителю.

Исполнитель уведомляет Заказчика о созданных при выполнении работ по данному Договору ОПИС. Порядок передачи прав на ОПИС, созданные при выполнении работ по данному Договору, регламентируется дополнительным соглашением, которое рассматривается как неотъемлемая часть данного Договора.

Исполнитель сохраняет все права собственности на ОПИС, которые существовали ранее и были использованы в целях выполнения данного Договора». Данные условия позволяют наиболее рационально подойти к вопросу распределения прав ИС при работе со смежними організаціями.

Выводы. В качестве вывода можно отметить, что для эффективного использования своих научных разработок предприятию-разработчику необходимо определить, какие РИД подлежат охране, выбрать режим правовой охраны и отслеживать распределение прав в договорах на выполнение НИР и ОКР. При этом с целью обеспечения полноты охраны ОПИС рекомендуется использование двойной охраны.

Библиографические ссылки

1. **Маренич, Е. Н.** Охрана результатов интеллектуальной деятельности предприятия [Текст] / Е. Н. Маренич, И. Н. Жариков // Материалы XVII Междунар. молодеж. научно-практ. конф. «Человек и космос» (8 апр. – 10 апр. 2015 г.). – Д., 2015. – DVD, ISSN 2221-4550.

2. **Маренич, Е.Н.** Результаты научно-технической деятельности предприятия как объекты авторского права [Текст] / Е. Н. Маренич // Материалы IX Науч. чтений «Днепропетровская орбита» (5 окт. – 7 окт. 2014 г.). – Д., 2014. – С. 246 – 249.

3. Про авторське право та суміжні права [Текст]: Закон України від 23 груд. 1993 р. № 3793-ХІІ (із змінами) // Відомості Верховної Ради України. – 1994. – № 13. – 40 с.

4. **Ландин, А.В.** Охрана результатов НИОКР в качестве научных произведений [Текст] / А. В. Ландин // Патенты и лицензии. – 2009. – 72 с.

5. Цивільний кодекс України: Затверджений Законом України від 16.01.03 № 435-IV (із змінами та доповненнями [Текст] // Відомості Верховної Ради України. – 2003. – № 40. – 356 с.

Надійшла до редколегії 26.05.2015

УДК 62-93

П. Є. Мінаєв

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

ПОРІВНЯННЯ ВИСОТ ПІДЙОМУ ВОДЯНОЇ РАКЕТИ ЗА РІЗНИХ МОДЕЛЕЙ РОЗШИРЕННЯ СТИСЛОГО ПОВІТРЯ

Розглянуто теоретичні моделі, які дозволяють оцінити висоту підйому водяної ракети. Оцінено вплив різних факторів, що впливають на рух ракети та основні процеси під час розгону ракети. Проведено порівняння отриманих результатів за різних моделей розширення повітря в ракеті.

Ключові слова: водяна ракета, адиабатне розширення, аеродинамічний опір.

Рассмотрены теоретические модели, которые позволяют оценить высоту подъема водяной ракеты. Оценено влияние различных факторов, что влияют на движение ракеты и основные процессы при разгоне ракеты. Сделано сравнение результатов при разных моделях расширения воздуха в ракете.

Ключевые слова: водяная ракета, адиабатное расширение, аэродинамическое сопротивление.

Theoretical models, which allow estimation of the water rocket ascent, were considered. Effect of different factors that have influence on the rocket motion and on the rocket acceleration basic processes was analyzed. Obtained results for the different models of air expansion in the rocket were compared.

Key words: water rocket, adiabatic expansion, aerodynamic resistance.

Вступ. Останнім часом значного поширення набули запуски водяних ракет. У частково заповнену водою ємність під тиском нагнітається повітря. Перед цим ємність обладнують обтічником та стабілізаторами. Ракета злітає за рахунок виштовхування води стисненим повітрям. Через простоту виготовлення та запуску такий напрям моделювання отримав чимало прибічників, які проводять змагання з запуску водяних ракет. Природним є питання, до якої максимальної висоти може піднятися ракета залежно від різних параметрів. Головними з них є тиск повітря всередині ракети і маса води. Саме на розрахунок висот підйому ракети залежно від цих параметрів за різних моделей розширення газу зосереджена увага у статті. Необхідно зазначити, що найпростіші моделі розширення газу розглядали і раніше [1], проте їх автори не враховували низку важливих явищ, що і спричинило суперечливі оцінки.

Моделі Чівільова для висоти підйому ракети [1]. Розглянуто водяну ракету фабричного виготовлення, яку можна придбати у торгових мережах. Наведено дві оцінки висоти її підйому за умови, що повітря розширюється ізобарно та ізотермічно. Ракету змодельовано як порожній каркас масою M і об'ємом W , в якому міститься вода масою m_0 , решту займає повітря під тиском P_0 . Вважається, що під час старту вода миттєво виштовхується, а далі ракета летить без опору повітря. За ізобарного розширення отримано висоту підйому

$$H = \frac{(P_0 - P_A)m_0^2}{\rho g M(M + m_0)}, \quad (1)$$

де P_A – атмосферний тиск; ρ – густина води;

Для ізотермічного розширення –

$$H = \frac{(P_0 - P_A)m_0^2}{\rho g M(M + m_0)} - \frac{Pm_0^2}{2\rho^2 g WM(M + m_0)}. \quad (2)$$

Зазначимо, що ізобарне розширення є не досить переконливе. Згідно з (1) висота монотонно збільшується зі збільшенням початкової маси води у ракеті. Це означає, що найбільшій висоті підйому ракети відповідає стовідсоткове (чи майже стовідсоткове) її заповнення водою, що, зрозуміло, неправильно.

Припущення про ізотермічне розширення також містить протиріччя. Як будь-який ізотермічний процес, воно потребує доволі значного часу для того, щоб температура газу всередині ємності встигла зрівнятися з температурою навколишнього середовища, а це протирічить припущенню про миттєве виштовхування всієї рідини.

Найбільш переконливий вигляд має адиабатне розширення, яке відбувається протягом малого часу і тому дозволяє скористатися припущенням швидкого розгону з подальшим рухом під дією сили тяжіння та сили опору повітря.

Модель адиабатного розширення повітря. Аналогічно Чівільову [1] вважатимемо ракету порожнім каркасом маси M і об'єму W , в якому міститься вода

масою m_0 , а решту займає повітря з тиском P_0 . Під час старту вода миттєво виштовхується і далі ракета летить без опору повітря. Вважаючи, що повітря адиабатно розширюється з початкового об'єму $V_0 = W - \frac{m_0}{\rho}$ до об'єму W , запишемо рівняння адиабатного процесу та роботу газу. Повітря вважатимемо ідеальним газом з показником адиабати $\gamma = 1,4$:

$$P_0 V_0^\gamma = P_1 W^\gamma, \quad (3)$$

$$A_z = \frac{1}{\gamma - 1} (P_0 V_0 - P_1 W), \quad (4)$$

де P_1 – тиск повітря після його розширення до об'єму W ; A_z – робота газу.

Запишемо закон збереження імпульсу та енергії для ракети і води, нехтуючи масою повітря:

$$Mv = mu, \quad (5)$$

$$A_z = \frac{Mv^2}{2} + \frac{mu^2}{2}, \quad (6)$$

де v та u – швидкості ракети та води після розширення газу.

Отримаємо рівняння

$$v^2 = \frac{2P_0 W \left(1 - \frac{m_0}{W\rho}\right) \left(1 - \left(1 - \frac{m_0}{W\rho}\right)^{\gamma-1}\right)}{(\gamma - 1)M \left(1 + \frac{M}{m_0}\right)}. \quad (7)$$

Якщо знехтувати опором повітря, то висоту підйому ракети запишемо у вигляді

$$H = \frac{v^2}{2g}. \quad (8)$$

З урахуванням (3) – (8) маємо рівність

$$H = \frac{P_0 W \left(1 - \frac{m_0}{W\rho}\right) \left(1 - \left(1 - \frac{m_0}{W\rho}\right)^{\gamma-1}\right)}{(\gamma - 1)Mg \left(1 + \frac{M}{m_0}\right)}. \quad (9)$$

Як бачимо, висота лінійно залежить від тиску P_0 і збільшується з його зростанням. Але нагнітати повітря до великих значень тиску у пластикові пляшки, які зазвичай використовують під час змагань із запуску ракет, доволі небезпечно. Доцільно знайти, за якої кількості води ракета підніметься на максимальну висоту. Зрівнюючи похідну по m від (8) до нуля, отримаємо рівняння, чисельний розв'язок якого дає шукане значення необхідної маси води:

$$0 = \gamma m_0 \left(1 - \frac{m_0}{W\rho}\right)^{\gamma-1} (m_0 + M) - 2m_0 M - m_0^2 - MW\rho \left(1 - \frac{m_0}{W\rho}\right)^\gamma + MW\rho.$$

Урахування опору повітря. Рух ракети будемо розглядати як рух корпусу маси M з початковою швидкістю v_0 , обчислюваною згідно з (7). Ракета рухається

вертикально вгору в однорідному полі тяжіння за наявності опору повітря. З другого закону Ньютона

$$M \frac{dv}{dt} = -Mg - Kv^2$$

знаходимо залежність швидкості від часу:

$$v = \frac{v_0 - \beta^{-1} \operatorname{tg}(\beta gt)}{1 + v_0 \beta \operatorname{tg}(\beta gt)},$$

де $\beta = \sqrt{\frac{K}{Mg}}$; коефіцієнт опору $K = \frac{1}{4} \rho_{\text{нов}} S$ взято для конічної поверхні 2:1.

Максимальна висота підйому має вигляд

$$h = \int_0^{\frac{1}{\beta g} \operatorname{arctg}(v_0 \beta)} \frac{v_0 - \beta^{-1} \operatorname{tg}(\beta gt)}{1 + v_0 \beta \operatorname{tg}(\beta gt)} dt = \frac{\ln(1 + (\beta v_0)^2)}{2\beta^2 g}. \quad (10)$$

Порівняння висот підйому ракети за різних моделей. Для порівняння розглянутих моделей побудуємо графіки залежності висоти підйому ракети від маси води (див. Рис. 1) відповідно до формул (1), (2) та (9), взявши, як у статті Чівільова, такі значення: $P_0 = 5 \cdot 10^5$ Па, $M = 0,12$ кг, $g = 9,8 \frac{M}{c^2}$, $W = 0,6 \times 10^{-3} M^3$.

Для оцінки коефіцієнта опору визначимо площу перерізу ракети:

$$S = \frac{W}{l} = 2,6 \times 10^{-3} M^2,$$

де l – половина довжини ракети [1];

$$\beta^2 = \frac{K}{Mg} = \frac{S \rho_{\text{нов}}}{4Mg} = 6,77 \times 10^{-4} \frac{c^2}{M^2},$$

де $\rho_{\text{нов}}$ – густина повітря.

Зазначимо, що параметри взяті відповідно до існуючих ракет [1].

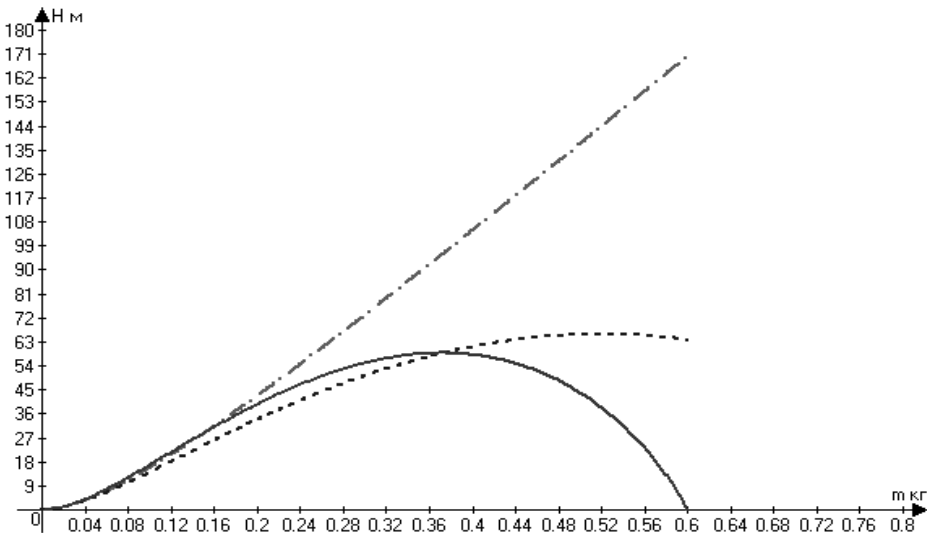


Рис. 1. Залежність висоти підйому ракети за різних моделей розширення повітря

Штрих-пунктиром показано ізобарну модель (1), пунктиром – модель ізотермічного розширення (2), а суцільною лінією – модель адіабатного розширення без урахування опору (9). В останньому випадку максимальна висота досягається за маси води, близької до 350 г, тобто у разі заповнення ракети водою трохи більше половини, а за ізотермічного розширення – 520 г, що становить 87% ємності ракети. Що стосується ізобарного розширення, як уже було зазначено, максимальна висота відповідає нефізичній умові повного заповнення всієї ємності водою.

Згідно з (9) та (10) побудуємо графіки, щоб показати вплив опору повітря (див. Рис. 2).

Пунктиром показано адіабатичну модель без урахування опору повітря, суцільною лінією – модель з врахуванням опору повітря. Виявляється, що опір повітря зменшує максимальну висоту підйому на 25%. Зазначимо, що врахування опору повітря не змінює значення маси води, за якої досягається максимум висоти підйому ракет.

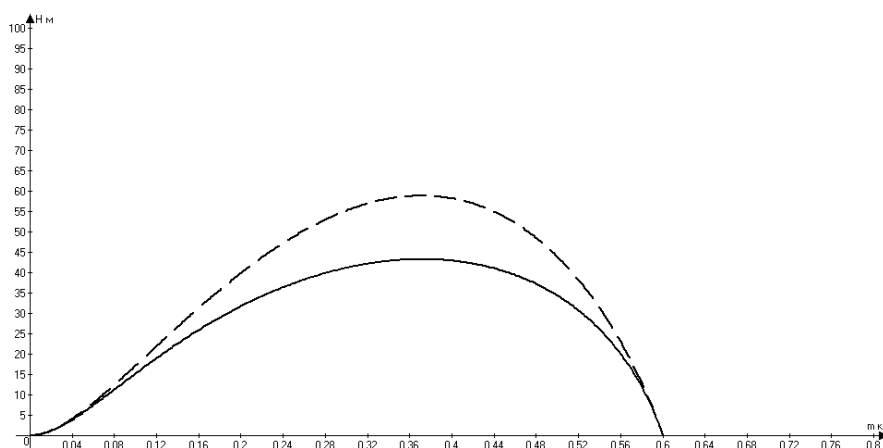


Рис. 2. Залежність висоти підйому ракети за адіабатичної моделі розширення газу з урахуванням опору повітря

Згідно з рекомендаціями виробника [1] найбільшої висоти ракета досягає у разі її заповнення на 1/4-1/3 об'єму. Як бачимо, адіабатна модель розширення повітря дає найбільш відповідний дійсності результат, для покращення якого слід врахувати час та механізм вильоту води з ракети.

Бібліографічні посилання

1. **Чивилев, В. И.** Оценка высоты подъёма игрушечной водяной ракеты [Текст] / В.И. Чивилев. – М.: Потенциал. – 2009. – №10.
2. **Горелов, М.** Реактивное движение и водяная ракета [Текст] / М. Горелов, А. Козеев, А. Ланцов, И. Пугаченко. – М.: Потенциал. – 2009. – №7.

Надійшла до редколегії 29.05.2015