

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ СОЗДАНИЯ КАТАПУЛЬТ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

© 2014 В.П. Тарануха¹, С.А. Петрушин², А.Ю. Печёнкин¹, В.А. Глушков¹

¹ «Ижевский государственный технический университет
имени М.Т. Калашникова» РФ, г.Ижевск

² ООО «Республиканский центр робототехники», РФ, г. Ижевск

В работе описываются катапульти вращательного типа для летательных аппаратов (ЛА). Приводятся математические описания и формулы для их расчёта. Даны сравнительные характеристики по запасаемой потенциальной и кинетической энергии, мощности, КПД и работе, а также ёмкости используемых в них аккумуляторов в отношении традиционно используемых паровых и пневматических катапульти. Анализируются достоинства и недостатки катапульти вращательного типа. Приводятся методы устранения существующих недостатков. Даны формулы для расчёта энергетических возможностей источников энергии катапульти. Приводятся основные характеристики и описаны элементы конструкции катапульти вращательного типа. Анализируются возможности применения катапульти в современных системах и устройствах запуска беспилотных и пилотируемых ЛА.

Беспилотные летательные аппараты, катапульти для запуска летательных аппаратов, катапульти вращательного типа.

На сегодняшний день наибольшее применение для запуска больших летательных аппаратов (ЛА) нашли паровые катапульти, а для беспилотных летательных аппаратов (БЛА) - резиновые или пневматические катапульти. В дальнейшем обобщим их названием ЛА. В работе [1] описаны все известные на сегодня катапульти для ЛА, их достоинства и недостатки. Отметим, что все катапульти требуют разгонной направляющей.

Длина разгонной направляющей определяет габариты катапульти в целом. Последняя зависит от энерговооружённости катапульти и максимально допустимого для ЛА, его аппаратуры или пилота (в случае управляемого самолёта) ускорения. Именно эти факторы не позволяют использовать их, например, для создания подводных авианосцев, запуска ЛА с движущихся железнодорожных платформ и т.п. Фактор развёртывания и подготовки катапульти к запуску БЛА является существенным в случае военного его применения. К тому же, запуск БЛА с движущегося автомобиля или иного транспортного средства (катер, железнодорожная платформа или наземный робот) повышает фактор скрытости и неуязвимости его использования.

Приведём техническое задание (ТЗ) на механическую катапульти для старта БЛА массой от 80 до 100 кг с упруги-

ми/эластичными элементами, пневматическим, гидравлическим или электрическим приводом. Основные требования:

1. Максимальная допустимая перегрузка, действующая на БЛА при старте – $g_x = 10$ крат.

2. Требования по транспортабельности. Рассматривается два варианта (или один универсальный) – на прицепе или на базе грузового автомобиля (минимум - ГАЗель, максимум - КАМАЗ).

3. Ограничение по массе изделия – ориентировочная масса изделия (катапульти в сборе с БЛА) - не более 1,0 тонны.

4. Температурный диапазон окружающего воздуха при эксплуатации – стандарт для МО – от - 40 до + 50°С.

5. Ресурс изделия – межремонтный, ориентировочно до капремонта – 1000 пусков.

6. БЛА должен устанавливаться на тележке, которая скользит по направляющей.

7. Скорость БЛА при сходе с направляющих катапульти - 200 км/час (55...56 м/с) определяет сложность создания надёжной и недорогой катапульти, отвечающей в полной мере всем предъявляемым требованиям. В большинстве случаев не указывается ещё один немаловажный фактор, влияющий на эффективную работу катапульти – её энерговооружённость, т.е. количество энергии, затрачиваемой на один запуск. Нетрудно ви-

деть, что при исходных данных, указанных в ТЗ, она будет составлять:

$$E_k = mV^2/2 = 121...156 \text{ кВт.} \quad (1)$$

Эта достаточно большая величина. Учитывая КПД компрессора 0,65...0,70, для её работы потребуется электромотор мощностью 170...240 кВт. Можно использовать менее мощный электромотор для заполнения баллонов сжатым воздухом. Однако, в этом случае потребуется увеличить время его зарядки примерно в

$$K = aE_k/E_{kf} \quad (2)$$

раз,

где $a = (2...5)$, коэффициент использования мощности двигателя;

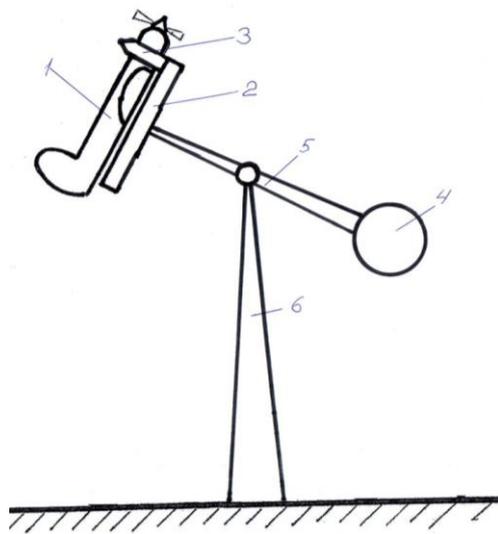


Рис. 1. Система разгона ЛА с электромеханическим запуском «працевого» типа: 1 – ЛА; 2 – разгонная тележка; 3 – блокировочное устройство; 4 – противовес; 5 – тяга катапульты; 6 – опора; 7 – разгонный электродвигатель не показан, ЛА может разгоняться собственным двигателем

В обоих случаях происходит раскручивание ЛА до нужной линейной скорости электромотором, после чего в необходимый момент специальной командой разблокируется сцепное устройство и происходит отрыв ЛА от разгонной тележки. Для повышения эффективности отрыва ЛА эта же команда включает тормозное устройство, замедляющее вращение тяги катапульты. Масса ЛА уравнивается специальным грузом - противовесом. Это сделано для того, чтобы снизить мощность электродвигателя при раскрутке (разгоне) ЛА, а также уменьшить динамические нагрузки в конструкции. По-

E_k – мощность, необходимая для запуска ЛА; E_{kf} – фактическая мощность, используемая для запуска ЛА.

Проанализировав существующие конструкции катапульты, пришли к выводу, что в полной мере соответствовать перечисленным требованиям, а по некоторым параметрам превысить их в разы, можно только принципиально изменив её работу.

Для этого можно воспользоваться принципами метания снарядов вращательно-го в вертикальной - «працевого» (рис. 1) и горизонтальной плоскости - «леерного» (рис. 2) типа.

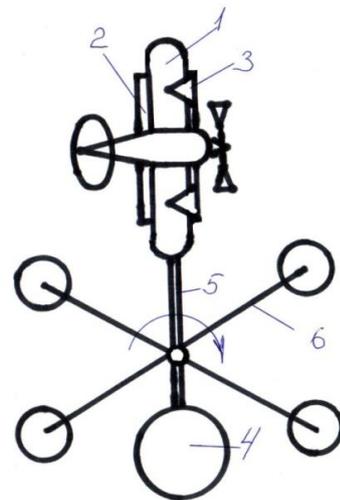


Рис. 2. Система разгона ЛА с электромеханическим запуском «леерного» типа (вид сверху): 1 – ЛА; 2 – разгонная тележка; 3 – блокировочное устройство; 4 – противовес; 5 – тяга катапульты; 6 – опора; 7 – разгонный электродвигатель не показан, ЛА может разгоняться собственным двигателем

мимо всего при поломке электродвигателя, раскручивающего тягу катапульты, такая балансировка позволяет произвести запуск ЛА его собственным двигателем.

В этом случае, необходимую для запуска ЛА энергию электродвигателя можно вычислить, используя соотношения:

$$E_{kk} = J\omega^2/2 \quad (3)$$

и

$$\omega = 2\pi n = V/R, \quad (4)$$

$$E_{kk} = JV^2/2R^2, \quad (5)$$

где ω - угловая скорость вращения тяги катапульты, c^{-1} ;

n – число оборотов в единицу времени, c^{-1} ;

R – радиус тяги катапульты, м;
 J – момент инерции вращающихся частей катапульты, вместе с установленным на его тележку ЛА, Н·м·с:

$$J = kmR^2, \quad (6)$$

где k – коэффициент, зависящий от формы тела, например, для обруча или кольца малой толщины $k = 1$, для диска (цилиндра) $k = 1/2$, для стержня (относительно оси, перпендикулярной к стержню и проходящей через его середину) $k = 1/12$.

При полной балансировке тяги катапульты с установленным на неё ЛА

$k \sim 0,10 \dots 0,15$, поэтому для его разгона потребуется, при тех же данных и радиусе вращения тяги катапульты $R = 1$ м, всего

$$E_{kk} = 12,1 \dots 15,6 \text{ кВт.}$$

Итак, подведём итог достоинств вращательных катапульти. По сравнению со всеми известными катапультами вращающаяся катапульта обладает следующими достоинствами:

1. Минимально возможными габаритными размерами.
2. Самой простой конструкцией;
3. Минимально необходимой энергетикой при запуске ЛА.
4. Возможностью плавного набора заданной для запуска ЛА скорости, а значит, возможностью обеспечить его запуск без существенных перегрузок.

5. Большим ресурсом работы и надёжностью.

6. Минимальной стоимостью изготовления.

7. Минимальным временем развёртывания и эвакуации.

8. Возможностью запуска с движущихся объектов.

9. Минимальным временем между запусками отдельных ЛА.

Если сравнивать «трацевые» и «леерные» вращательные катапульты, то в первых динамические нагрузки на узлы и детали при запуске ЛА предпочтительней, поскольку они в основном вертикальные и работают на сжатие или растяжение. В «леерных» катапультах они боковые и работают в основном на срез. Кроме того, в «леерных» конструкция катапульти из-за этого конструкция разгонной тележки сложнее, сложнее у неё и механизм фиксации и разъединения ЛА. Однако, в «леерных» тягу катапульты можно сделать раздвигающей, тем самым упростив адаптацию для запуска управляемых пилотами самолётов.

К недостаткам катапульти вращательного типа можно отнести также сложность фиксации системой управления начального положения ЛА с помощью встроенных гироскопов. Однако, существует множество методов как программного, так и аппаратного устранения этого недостатка.

Библиографический список

1. Петрушин, С.А. Обзор катапульти летательных аппаратов. /Ижевск, С.А. Петрушин; Ротапринт, 2014. 10.с.

Информация об авторах

Тарануха Владимир Прокофьевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Конструирование радиоэлектронной аппаратуры», ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова». E-mail: kra_dept@istu.ru. Область научных интересов: технические средства мониторинга окружающей среды, инновационные системы связи.

Петрушин Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент, ООО

«Республиканский центр робототехники». E-mail: psatsi@gmail.com. Область научных интересов: робототехнические системы, беспилотные аппараты, мониторинг окружающей среды.

Печёнкин Александр Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование радиоэлектронной аппаратуры», ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова». E-mail: alex-pu81@gmail.com. Область научных интере-

сов: технические средства мониторинга окружающей среды, инновационные системы связи, автоматизация технологических процессов, цифровая обработка сигналов.

Глушков Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование радиоэлектронной аппа-

ратуры», ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова». E-mail: vladimir.glushkov@gmail.com. Область научных интересов: автоматизация технологических процессов, системный анализ в альтернативной энергетике.

ONE METHOD TO BUILD FLYING VEHICLE LAUNCH CATAPULTS

© 2014 V.P.Taranukha¹, S.A.Petrushin², A.Yu.Pechenkin¹, V.A.Glushkov¹

¹ «Kalashnikov Izhevsk State Technical University», Russia, Izhevsk

² LLC «Respublikansky tsentr robototekhniki» («Republic centre of robotics»), Russia, Izhevsk

The paper considers rotational catapults to launch flying vehicles (FV). Their mathematical descriptions with calculation formulas are given. Rotational catapults are compared with conventional steam and hydraulic devices on the accumulated potential and kinetic energy, power, efficiency, work and the capacity of electrical accumulators. Rotational catapults advantages and disadvantages are analyzed. Ways to fix the existing disadvantages are described. Formulas for calculation of power capabilities of the catapult energy sources are given. Rotational catapults basic performance characteristics are shown, their structural units are depicted. Catapults application in the state-of-the-art systems and devices for unmanned and piloted FV launching are analyzed.

Unmanned flying vehicles, flying vehicles launch catapults, rotational catapults.

References

1. S.A. Petrushin Obzor katapul't tatelynykh apparatov (Flying vehicle catapults overview)./ Russia, Izhevsk, Rotaprint, 2014. 10 p.

About the authors

Vladimir Prokof'evich Taranukha, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor, the head of the Department of Radioelectronic equipment design, «Kalashnikov Izhevsk State Technical University». E-mail: kra_dept@istu.ru. Area of research: environment monitoring technics, innovative communication systems.

Sergey Aleksandrovich Petrushin, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor, LLC «Respublikansky tsentr robototekhniki» («Republic centre of robotics»). E-mail: psatsi@gmail.com. Area of research: robotics systems, unmanned flying vehicles, environment monitoring.

Aleksandr Yourevich Pechenkin, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Radioelectronic equipment design, «Kalashnikov Izhevsk State Technical University». E-mail: alex-pu81@gmail.com. Area of research: environment monitoring technics, innovative communication systems, technological automation, digital signal processing.

Vladimir Aleksandrovich Glushkov, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Radioelectronic equipment design, «Kalashnikov Izhevsk State Technical University». E-mail: vladimir.glushkov@gmail.com. Area of research: technical control systems, system analysis, alternative energy.