

технологическим укладам, обеспечивая экспортоориентированность и импортозамещение создаваемой продукции.

В целях развития высокотехнологичных секторов экономики в рамках ГНТП проводятся научно-исследовательские, опытно-конструкторские и опытно-технологические работы с целью развития перспективных высокотехнологичных направлений экономики. Выполнение НИОК(Т)Р по заданиям программ позволяет создавать инновации, используемые для модернизации существующих и создания новых производств на предприятиях реального сектора экономики и социальной сферы.

ГНУ «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси» — тради-

ционно участник ряда крупнейших ГНТП — «Технологии и оборудование машиностроения», «БАК и технологии», «Новые материалы и технологии», «Ресурсосбережение», в рамках которых успешно реализуются разработки в области создания технологий и оборудования для нагрева, термообработки, литья, беспилотных летательных аппаратов, создания композиционных материалов и инструмента.

Таким образом, реализуемая в настоящее время инновационная модель создания конкурентоспособной, высокотехнологичной, ресурсо- и энергосберегающей, экологобезопасной экономики республики осуществляется с учетом международных тенденций и использованием лучших достижений белорусской науки.

УДК 629.7.085

## УСТРОЙСТВА ЗАПУСКА БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

*А.С. Замыслов, В.В. Левкович, В.А. Томило, В.А. Францкевич*

*Физико-технический институт НАН Беларуси*

*г. Минск, Беларусь*

*The analysis of different designs of launching devices to launch the unmanned aerial vehicle (UAV) was given. Merits and demerits of launching devices with elastic elements were marked. Using flat springs as elastic elements was proposed, which will allow one to accelerate UAV with constant acceleration. In this case all the merits of launching device with elastic elements (such as simplicity of design, high energy efficiency, small size and weight etc.) are preserved.*

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БЛА) выполняют широкий спектр задач: от мониторинга окружающей среды до разведывательных и поисковых миссий. Наиболее эффективным способом запуска БЛА самолетного типа является применение катапульты — устройства, которое предназначено для придания БЛА начальной скорости и задания направле-

ния движения на начальном этапе. Это достигается путем пуска БЛА с движущейся каретки, разгоняемой по неподвижной направляющей. Конструкция катапульты должна обеспечивать надежный пуск БЛА, а параметры запуска должны быть постоянными при каждом последующем запуске. Основные требования, предъявляемые к механизмам и конструкциям катапульт:

1. Надежность. Механизмы катапульты должны работать надежно в разных климатических условиях. При запуске БЛА исключается его повреждение, а также поломки и заедания механизма запуска.

2. Эргономичность. Конструкция катапульты должна быть простой в развертывании и обслуживании. Узлы и материалы катапульты должны быть с минимальным весом и удобными для транспортировки.

3. Высокие эксплуатационные качества. Время подготовки катапульты к запуску БЛА должно быть минимальным. Характеристики запуска БЛА должны быть стабильными. Конструкция узлов катапульты должна быть простой и ремонтпригодной.

4. Безопасность. При запуске БЛА исключается самопроизвольное, преждевременное срабатывание пусковых механизмов. Исключается вероятность нанесения травмы оператору.

Широко распространенной является классификация БЛА по массе. Согласно этой классификации БЛА делятся на:

- сверхлегкие (до ~5 кг);
- легкие (~5–50 кг);
- средние (~50–1000 кг);
- тяжелые (более 1000 кг).

Катапульты применяются для запуска легких и средних БЛА. Пуск сверхлегких БЛА осуществляется с руки оператора, что требует от него определенных навыков. Тяжелые БЛА взлетают по-самолетному с взлетной полосы. В случае легких и средних БЛА применение катапульты позволяет исключить человеческий фактор и осуществлять запуск БЛА с пересеченной местности.

По способу перемещения катапульты можно разделить на:

- переносные [1];
- буксируемые [2];
- монтируемые на шасси автомобиля [3].

Переносные катапульты являются самыми мобильными, но с их помощью можно запускать только легкие БЛА. Буксируемые катапульты часто входят в комплексы, состоящие из нескольких машин, что позволяет обеспечить лучшие условия работы операторов и обслуживающего персонала, но время, необходимое на их подготовку к пуску, как правило, превышает время, затрачиваемое на подготовку к пуску катапульт, монтируемых на шасси автомобиля.

На параметры запуска БЛА в значительной степени влияет тип применяемого в катапульте привода, которые бывают следующих типов:

- привод на основе упругих элементов (резина и различные виды полимеров) [1];
- использование энергии взрыва (порох, газ) [4];
- пневматический, гидравлический приводы и их сочетание [5];
- инерционный (использование вращающейся массы для накопления энергии) [6];
- использование силы гравитации (использование энергии падающего груза) [7].

Известно, что различные типы приводов создают различные стартовые условия БЛА. В работе [8] приведены законы распределения тягового усилия в зависимости от применяемого типа привода и предложена классификация катапульт. В своей работе В.А. Середа выделяет 3 типа законов распределения тягового усилия: регрессивный закон (присущ преобладающему большинству катапульт, в том числе пневматическим, гидравлическим и на упругих элементах), постоянный закон (присущ инерционным и вакуумным катапультам) и дегрессивный закон (присущ катапультам, основанным на падении противомассы в поле гравитационных сил). Катапульты, для которых характерен постоянный и дегрессивный законы, могут эффективно применяться для ввода в полет БЛА небольшой массы с низкой удельной нагрузкой на крыло. Следует отметить, что среди механических пусковых устройств гравикатапульта является наиболее маломощной и громоздкой. Катапульты, для которых характерен регрессивный закон распределения тягового усилия, предназначены для запуска тяжелых БЛА с высокой удельной нагрузкой на крыло.

Закон распределения тягового усилия может быть изменен с помощью вариаторов (например, копиров).

Как было указано ранее, для пуска легких БЛА применяются переносные катапульты. Чаще всего они комплектуются пневматическим приводом или приводом на основе упругих элементов, который является более простым конструктивно и в обслуживании. В качестве упругих элементов наиболее часто используются резиновые жгуты, которые являются главным недостатком данного вида катапульт. Устройства с использованием в качестве упругих элементов резиновых жгутов не обеспечивают стабильных условий разгона и запуска БЛА в необходимом интервале температур. Кроме того, с течением времени эластичные свойства жгута изменяются, а сравнительно низкая способность резины и других полимеров накапливать энергию приводит к увеличению габаритных размеров устройства в рабочем состоя-

нии. Также свойства полимеров изменяются под воздействием солнечного света, кислорода, высокой температуры, продуктов нефтепереработки и различных растворителей, а также при длительном хранении.

С учетом вышеприведенных недостатков можно сделать вывод, что при замене упругих элементов из резины или полимеров на упругие элементы с более стабильными характеристиками при различных условиях можно значительно улучшить эксплуатационные характеристики устройства с сохранением всех преимуществ данного типа катапульта.

Таковыми упругими элементами могут быть плоские пружины типа рессор.

На рис. 1 изображена кривая зависимости усилия от хода сжатия для плоской пружины.

Как показывает график, основное нарастание усилия сжатия происходит на первых 20–30 % хода и достигает 75–80 % от максимального. При последующем увеличении хода сжатия усилие растет незначительно и практически линейно. Такое свойство плоских упругих элементов позволяет, после предварительного поджатия на 20–30 % хода, производить разгон с практически равномерным ускорением. Постоянное значение перегрузки является условием реализации наиболее эффективного режима разгона БЛА [9]. Также убывающий закон движущей силы во время старта, присущий полимерным упругим элементам, заставляет повышать прочность конструкции БЛА из-за ударных нагрузок, что соответственно требует повышенной прочности БЛА и, как следствие, снижает полезную нагрузку [10].

На рис. 2, 3 представлены варианты исполнения катапульта с использованием плоских пружин (патент РФ № 8252 от 01.03.2012, заявка № а 20111476 от 04.11.2011).



Рис. 1. График зависимости усилия нагружения плоской пружины от хода сжатия

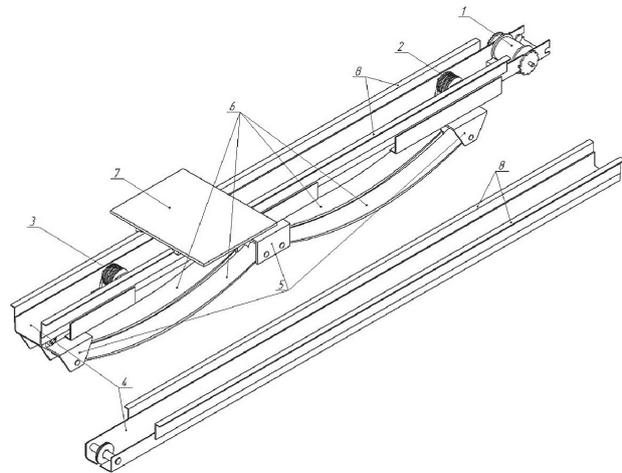


Рис. 2. Катапульта с использованием плоских пружин в разобранном виде

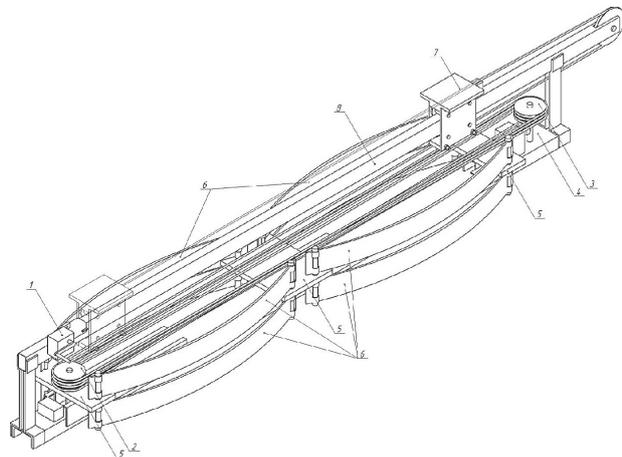


Рис. 3. Катапульта с использованием плоских пружин

Пуск БЛА осуществляется с площадки 7, которая перемещается в стартовое положение с помощью устройства натяжения 1. При перемещении площадки 7 через полиспаст (подвижная система блоков 2 и неподвижная система блоков 3) происходит сжатие упругих элементов 6, которые закреплены в каретках 5. На рис. 2 каретки закреплены снизу разъемного основания 4, на рис. 3 — наверху цельного основания 4. Разгон площадки 7 осуществляется по направляющим 8, которые закреплены непосредственно на основании 4 (рис. 2) или по направляющей 8, опосредованно закрепленной на основании 4 (рис. 3).

### Заключение

В статье рассмотрена возможность создания устройств запуска БЛА с приводом на основе упругих элементов, в которых в качестве упругих элементов используются плоские пружины.

Также приведены возможные варианты конструкции этих устройств.

Катапульти с приводом на основе упругих элементов являются одними из наиболее распространенных ввиду своей эффективности и надежности. Этому типу устройств соответствует регрессивный закон распределения тягового усилия. При таком законе распределения в начале разгона каретки наблюдается максимальное значение ускорения, что приводит к необходимости упрочнения конструкции БЛА, т. к. дальнейший полет БЛА проходит при меньших перегрузках.

Также подобный закон изменения ускорения приводит к неэффективному использованию длины направляющей.

При использовании в качестве упругих элементов плоских пружин тяговое усилие изменяется по закону, приведенному на рис. 1. Это позволяет говорить о наличии дегрессивного закона распределения, при котором ускорение является практически постоянным, что позволяет нивелировать недостатки, характерные для катапульта с приводом на основе упругих элементов, с сохранением всех достоинств этого типа катапульта.

#### *Список использованных источников*

1. United States Patent US 6851647 B1, ICI B64F1/06. Portable catapult launcher for small aircraft / Rosenbaum et al. Date of patent: Feb. 8, 2005.
2. World Intellectual Property Organization WO 02/14150 A1, IPC B64F1/06. Mobile aircraft launcher / Miller, Steve. Date of patent: Feb. 21, 2002.
3. Canadian Patent CA 1323019 C, IPC B64F1/06. Device for the acceleration of bodies, especially a mobile catapult for flying bodies / Monkewitz, Martin. Date of patent: Oct. 12, 1993.
4. United States Patent US 2289766, US CI 244–63. Powder catapult / Jean Fieux. Patented July 14, 1942.
5. Патент Российской Федерации RU 66733 U1, МПК В64F1/06. Катапульта для взлета летательного аппарата / Баранов С.К. Таргамдзе Р.Ч. Моишеев А.А. Доулетов И.И. Опубликовано 27.09.2007.
6. UK Patent Application GB 2132577 A, INT CL B64F1/06. Launching aircraft / Dennis Griffin. Application published 11 Jul 1984.
7. Сведения о НПУ [Электронный ресурс]. — Режим доступа к ресурсу: <http://dpla.ru/GrANT/>.
8. Середа, В.А. Классификация законов распределения тягового усилия наземных пусковых устройств беспилотных летательных аппаратов / В.А. Середа // *Авиационно-космическая техника и технология*. — 2010. — № 4 (71). — С. 63–66.
9. Авилов, И.С. Оптимизация динамических характеристик пневматического пускового устройства беспилотного летательного аппарата / И.С. Авилов, В.А. Середа // *Авиационно-космическая техника и технология*. — 2010. — № 6 (73). — С. 23–27.
10. Аленченков, Г.С. Стартовые устройства. Моделирование процесса запуска беспилотного летательного аппарата / Г.С. Аленченков // *Материалы международной научн.-практ. конф. «Современное машиностроение. Наука и образование»*. — Спб.:СПбГПУ, ММФ, 14–15.06.2011. — С. 112–119.