

ПРОТИВОГРАДОВЫЕ РАКЕТЫ ТИПА ЗЕМЛЯ-ВОЗДУХ

Амиранашвили А.Г.¹, Дзодзуашвили У.В.², Чихладзе В.А.¹

¹Институт геофизики им. Михаила Нодиа Тбилисского государственного университета им. Иванэ Джавахишвили, 0171, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1

²Научно-производственное объединение «Дельта»

Градобития, приносящие существенный экономический ущерб народному, и в первую очередь, сельскому хозяйству, на протяжении столетий являются бичом для производителей. Борьба с градом велась в основном пассивными методами и лишь в последние десятилетия, на основе новых научных и технических разработок, приняла более активный и целенаправленный характер. На основе различных научных предположений было разработано несколько концепций активных воздействий на процессы градообразования. Одним из основных, получивших широкое признание и распространение является метод, основанный на изменении процесса градообразования внесением в облако кристаллизирующих реагентов, в основном соединений йода [1-6]. Этот метод предусматривает внесение активных веществ в слои потенциально градоопасных кучевых облаков на уровень выше нулевой изотермы до уровня -10⁰С. Для доставки реагентов используются наземные (наземные генераторы, зенитная артиллерия, ракеты) и авиационные способы и технические средства. Не вдаваясь в подробности, кратко отметим, что несмотря на сравнительную дороговизну, самым приемлемым является ракетный способ доставки, обеспечивающий достаточную точность и оперативность внесения необходимого количества кристаллизующих веществ непосредственно в зону градообразования [7-10].

В настоящее время для этой цели используются различные типы неуправляемых ракет, производимых в России, Болгарии, Китае, Сербии, Македонии и др. Принцип действия любой противорадовой ракеты заключается в диспергировании в облаке активного реагента, частицы которого при взаимодействии с обтекающим ракету потоком влажного воздуха трансформируются в льдообразующие ядра, которые служат искусственными центрами кристаллизации переохлажденной влаги облака. Эффективность противорадовой ракеты тем выше, чем больше количество выделяемых ею льдообразующих ядер. Кроме того, преимуществом является возможность работы практически в любое время суток и при любой погоде, возможность охвата больших территорий в течение считанных минут и внесение необходимого количества реагента путем изменения количества ракет и траекторий их полета [8, 10 - 12].

В Грузии работы, связанные с проблемами модификации погоды, и в частности с грозоградными явлениями и разработкой средств и методов воздействия на них, были начаты Институтом геофизики Грузинской академии наук в 1953 году. Позднее к этим работам подключился Закавказский гидрометеорологический институт. В 1967 году была создана Военизированная служба борьбы с градом для осуществления производственных работ по борьбе с градом. В целом, крупномасштабные опытные, опытно-производственные и оперативные воздействия велись в 1960-1990 годах в районах Кахетии и Южной Грузии на общей площади более 1млн га. Положительный эффект изменялся в интервале 20-95% со средним значением 75-85%. В отдельных случаях, когда воздействие проводилось на

сверхмощные «суперячейковые» облака, эффект оказывался нулевым, т.е. отмечалось сильное градобитие [9, 13, 14].

Почти во всех работах использовались кристаллизирующие реагенты (AgI , PbI_2) [1], в одном районе воздействие велось комбинированным методом (AgI , NaCl) [15]. Для доставки реагента в облака использовались ракеты, артиллерийские снаряды, самолет. Рентабельность работ была достаточно высокой (от 1:3 до 1:5).

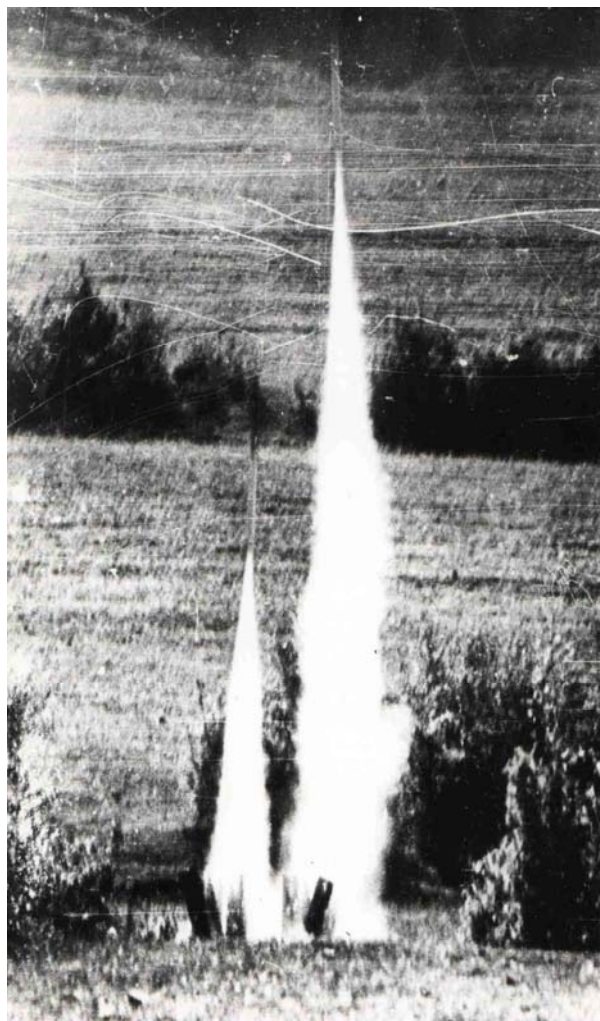


Рис.1 Компоновочная схема противоградовой ракеты типа «Алазань» и запуск ракет [8, 14].

Ракетный метод активного воздействия, предусматривающий внесение кристаллизующего реагента в зону повышенного радиоэха для создания дополнительных конкурирующих зародышей града, был разработан в Институте геофизики АН ГССР под руководством А.И.Карцивадзе совместно с Центральной аэрологической обсерваторией (И.И. Гайворонский и Ю.Л.Серегин). Вначале использовались итальянские «Италтраци» и советские противоградовые изделия ПГИ-М, разработанные по инициативе и при участии Института геофизики АН Грузии специальными конструкторскими организациями [14], затем более совершенные и более мощные ракеты «Облако» [16]. Впоследствии они были заменены разработанными в НИИ прикладной химии по техническому заданию Института геофизики АН Грузии противоградовыми комплексами «Алазани», в состав которых входили унифицированные одно- и двухрежимные противоградовые ракеты «Алазань-1» и «Алазань-2»,

отличавшиеся дальностью действия и пусковая установка ТКБ-040 с 12-ю веерообразно установленными направляющими. В отличие от «Облако», ракеты «Алазань» имели большую точность за счет вращения, меньшие габариты и вес, возможность одновременно обрабатывать значительно большие площади облаков [8,13,14,17-19].



Рис. 2. Пусковые установки и ракеты первого поколения (Алазань, Кристалл, Облако)

Ракеты «Алазань» стали прототипом для выпускавшихся и выпускаемым в ряде стран противорадиолокационных ракет [20, 21] (таблица 1, рис. 1,2).

Таблица 1

	"Облако"	Алазань 2М", "Алазань-ЧМ 15"	"Алазань 2М-1СТ"	"Кристалл-1М" "Кристалл-2М"	"ТГ-10 Югосл"	WR-18 Китай	Дарг	Алазань-5/6
Длина, мм	2110	1346	885	1956+4,3	1050	1440	1200	1402
Калибр, мм	125	82,5	82,5	82,5	75/40	82	60	82,5
Масса, кг	35	9,2	6,0	12,0+0,5	4,3	8,5	4,5	8,5
Масса состава активного дыма, кг	5	0,63	0,63	1,1	0,4	0,725	0,7	0,63
Максимальная дальность, м	12000	10 000	4 800	14 000	10000	8000	12,0	10.5
Эффективный радиус действия, м	8000	9 000	4 300	12 000	6000	5000	7000	6000
Максимальная высота, м	8600	9 000	4 300	9 000	8600			
Тип головной части	моноблок	моноблок	моноблок	моноблок	Моноблок	Моноблок	Моноблок	Моноблок
Температурный диапазон, °С	-5 - +40	-5 - +40	-5 - +40	-5 - +50	-5 - +40	-5 - +40	-5 - +40	-5 - +40
Выход кристаллов	$2 \cdot 10^{16}$	$3 \cdot 10^{15}$	$3 \cdot 10^{15}$	$3 \cdot 10^{15}$	$4 \cdot 10^{14}$	$1,8 \cdot 10^{15}$	$1,0 \cdot 10^{16}$	$7 \cdot 10^{15}$

Все противорадиолокационные ракеты этого поколения имели твердотопливный ракетный двигатель, использующий заряд из баллиститного, пластичного или смесового твердого топлива, боеголовку с содержащим кристаллизующий реагент пиротехническим составом (шашка пиротехнического состава содержит 40–60 % AgI или PbJ₂, 25–45 % NH₄ClO₄, 10–25 % идитола и 1,5–2 % графита или минерального масла и помещается в головную часть ракеты) [22], систему её воспламенения (дистанционная трубка) с предварительной установкой задержки времени срабатывания и систему безопасного приземления (парашют для «Облако»)

или самоуничтожения после окончания работы (разрывной заряд, дробящий корпус ракеты на мелкие, безопасные для населения осколки). Особняком стоит противогодовая ракета «Кристалл» и её китайский аналог, которая отличается тем, что смонтированные в модульной боеголовке пиропатроны отстреливаются поочередно и создают большее по диаметру, но не сплошное облако аэрозоля. В настоящее время в России серийно выпускаются модернизированные ракеты типа Алазань-5, Алазань-6 и Алазань-9 [23].

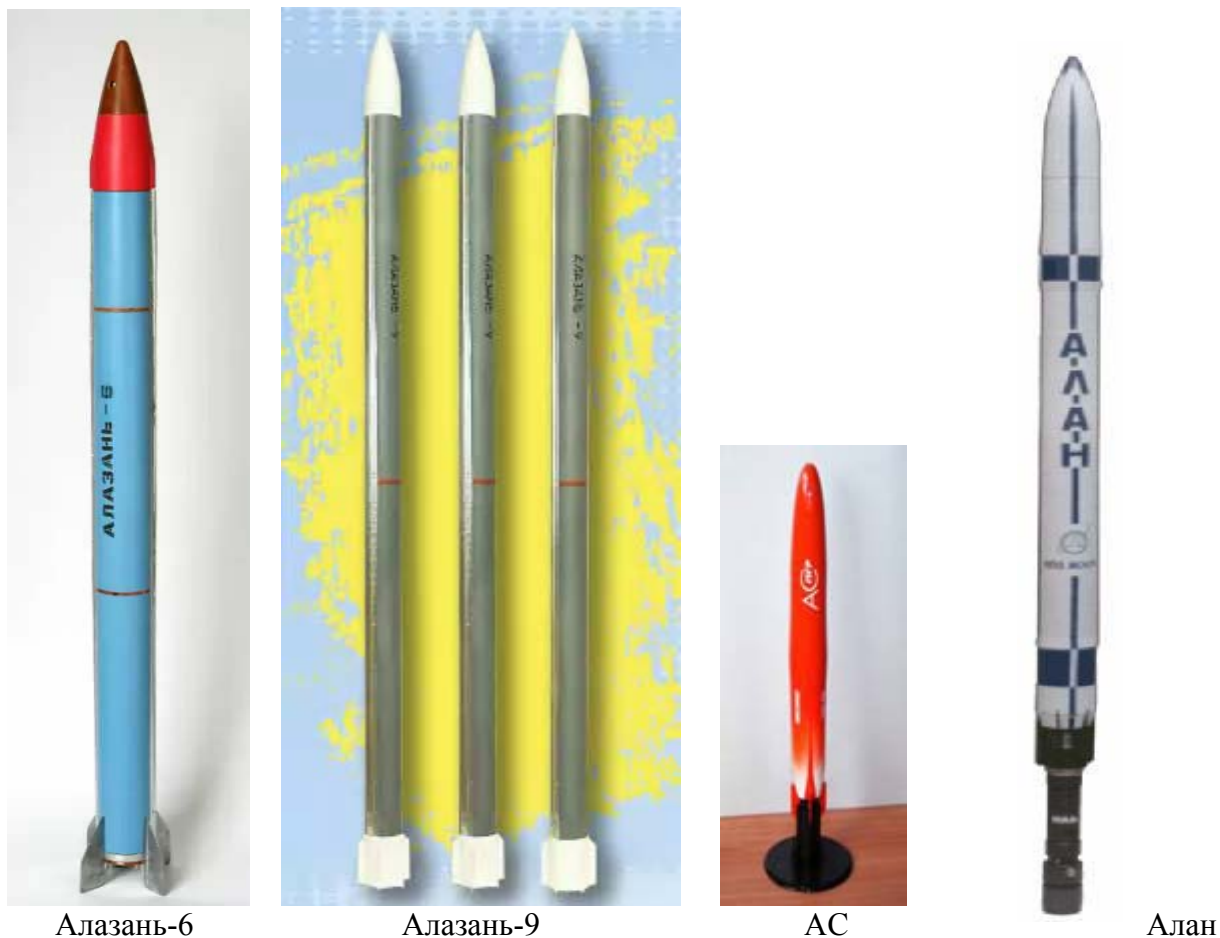


Рис.2. Современные российские противогодовые ракеты

Современные противогодовые ракеты имеют различные конструкции. Они бывают одно и двухступенчатые. При этом диаметр головной части, в котором размещается шашка активного дыма (ШАД), может отличаться от диаметра двигательной части. Ряд современных противогодовых ракет имеет так называемый минометный способ пуска – специальный вышибной заряд придает ракете импульс, благодаря которому она выходит из пусковой установки с определённой стартовой скоростью, порядка 20 – 110 м/сек, что позволяет повысить точность ракеты, так как при этом уменьшается влияние приземного ветра. Для повышения точности ракеты с помощью стабилизаторов или направленных сопел заставляют вращаться вокруг своей оси со скоростью до 2500 оборотов в минуту. Срабатывание шашки активного дыма (ШАД) обеспечивается электронным или пиротехническим замедлителем. Следующее поколение противогодовых ракет отличается тем, что они не имеют отдельной боеголовки с размещаемым в нем реагентом и взрывателем. Они в основном двухрежимные - стартовый и маршевый, в котором совмещены функции ракетного двигателя и генератора активных кристаллов, работающий на всей активной траектории полета и использующий новый вид твердого ракетного топлива - льдообразующее твердое топливо (ЛТТ). По сравнению с обычной

схемой, эти ракеты позволяют при равной и большей дальности действия ракеты в несколько раз снизить стартовую массу ракеты и увеличить выход активных центров кристаллизации на единицу длины трассы засева [21].

Ракеты на льдообразующем твердом топливе известны и производятся в мире, однако уникальность разработок болгарской компании (противоградовая ракета **Sky Clear 6**) состоит в использовании очень высокого содержания льдообразующей композиции в составе ЛТТ, без ухудшения баллистических характеристик топлива. Это приводит к очень высоким выходам льдообразующего аэрозоля в сочетании с относительно небольшим содержанием соединений серебра в ЛТТ. Ими разработана технология производства двухрежимных двигателей (первый режим стартовый, без льдообразующей композиции в составе топливной смеси, второй режим – маршевый), причем имеется возможность регулировать параметры режимов в любом необходимом для заказчика диапазоне [10].

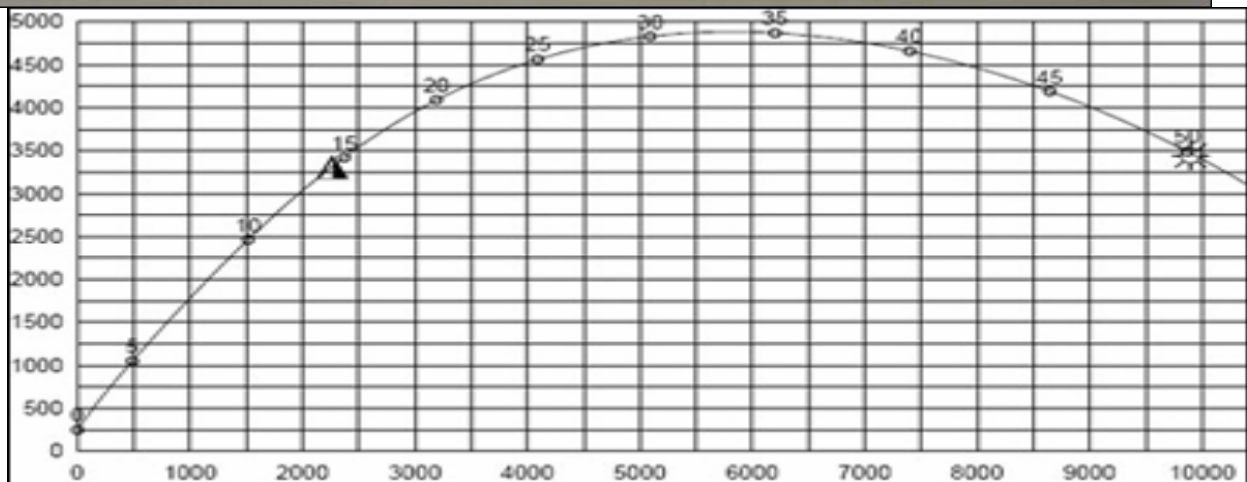


Рис 3. Болгарская противоградовая ракета Sky Clear 6 и баллистика ее полета (15 сек. – включение маршевого режима, 50 сек. – срабатывания заряда ликвидатора).



Рис. 4. Китайские и сербская противоракетные ракеты [24, 25]

Запуск ракет производится как непосредственно, после установки их в пусковую установку, так и с использованием герметичных транспортировочно- пусковых контейнеров, обеспечивающих сохранность ракеты в течение регламентированного срока практически в любых условиях. После срабатывания электрозапала, ракета стартует как обычная, однако надо отметить, что после прекращения работы стартовой шашки двигателя, благодаря заданному временному промежутку перед переходом на маршевый режим, ракета меняет угол наклона и после возобновления работы двигателя полет продолжается по более пологой траектории.

Стартовая шашка твердого ракетного топлива аналогична используемому ранее, а маршевая шашка представляет собой пиротехнический состав с кристаллизующим реагентом, введённым непосредственно в состав шашки ракетного топлива. За счёт этого с одной стороны улучшаются условия для повышенного выхода кристаллизующего реагента (высокая температура и давление в зоне горения ракетного топлива), с другой упрощается и удешевляется как производство, так и сама противоракетная ракета. При этом она значительно меньше по габаритам и легче своих предшественников.

Таблица 2

	Loza-2	Loza-3	Loza-6	WR-98	WR1D	A8	PP8	Алан	АС
Вес ракеты, кг	3.250	5.000	3.200	8.3	4.3	5,1	5,0	2,4	1,5
Калибр, мм *	55/60	55/60	55/60	82	57	55/60	35/72	56	56
Размах стабилиз, мм	113	113	113						
Длина, мм	910/1045	1200/1410	920/1045	1450	1060	1201	1170	930	620
Вес реагента, кг**	0.400	0.400	0.750	720	220	0,4	0,4	1,0	1,0
Выход частиц на г при -10 ⁰ С	3.0·10 ¹³	3.0·10 ¹³	8.3·10 ¹³			1·10 ¹³	1·10 ¹³	5·10 ¹²	
Выход частиц	1.2·10 ¹⁶	1.2·10 ¹⁶	5.4·10 ¹⁶	1.8·10 ¹⁵	1.8·10 ¹⁵	4·10 ¹⁵	4·10 ¹⁵	2·10 ¹⁶	4·10 ¹⁶
Ice-forming components, %	28	28	30						
Дальность мах, км	7.5	8.2	14.0				8,0	12,0	12,0
Высота мах, км	6.4	8.2	7.0	8.5	6.0	7,75			
Время работы двигателя, сек	3.9	3.6	8 + 21***						
Состав ракеты	Двигат. + ШАД	Двигат. + ШАД	Стартов. + ЛТТ	Двигат. + ШАД	Двигат. + ШАД	Двигат. + ШАД	Двигат. + ШАД	Стартов. + ЛТТ	Стартов. + ЛТТ
Рабочие температуры, °С	-5 +50	-5 +50	-5 +50	-30 +45	-30 +45	-30 +60	-5 +50		
Гарантия, год	3	3	3	3	3	3	3	5	
Надежность, %				0,99	0,99			0,99999	0,99999
Производитель	Болгария	Болгария	Болгария	Китай	Китай	Сербия	Сербия	Россия	Россия

Считается важным то обстоятельство, что современная противорадовая ракета не сможет быть переделана для использования не по прямому назначению. Послеполётная безопасность обеспечивается одиночным или разнесённым зарядом или ленточным ликвидатором, размещенным в корпусе, который обеспечивает дробление корпуса на более мелкие, безопасные для населения кусочки или парашютной системой, срабатывающих после окончания работы маршевого двигателя. Стабилизаторы, необходимые для удержания заданного курса, бывают как фиксированные, так и раскрывающиеся после выхода из контейнера или направляющих пусковой установки. Параметры некоторых современных ракет приведены в таблице 2, а их внешний вид на рис. 3 и 4 [24 - 31].



Рис. 5. Пусковые установки для противорадовых ракет [23, 24].

Пусковые установки для запуска противорадовых ракет в основном стационарные, как с ручным приводом, так и автоматизированные, угол наклона направляющих и ориентация по азимуту которых проводится дистанционно по команде с центрального пункта управления. Запуск ракет в целях безопасности, только ручной, с выносного пульта управления, питаемого

от сети постоянного тока с напряжением 24-27 вольт. В тех странах, где имеется недостаток локационных средств, в частности в Китае, имеются пусковые установки, смонтированные на автомобилях высокой проходимости и на катерах. На рис.5 представлены образец китайской мобильной пусковой установки, а также образцы современных российских автоматизированной (Элия) и механической (ТКБ 040) пусковых установок.

Литература

1. Воннегат Б. - Образование ледяных кристаллов в переохлажденных облаках под действием йодистого серебра. Сб. «Физика облаков и осадков». Изд. ИЛ. М. 1951.
2. Сулаквелидзе Г.К., Бибилашвили Н.Ш., Лапчева В.Ф. – Образование осадков и воздействие на градовые процессы. Л., Гидрометеиздат. 1965. 265 с.
3. Сулаквелидзе Г.К. – Ливневые осадки и град. Л., Гидрометеиздат. 1967. 412 с.
4. Деннис А. – Изменение погоды засевом облаков. М., Мир. 1983. 272 с.
5. Качурин Л.Г. – Физические основы воздействия на атмосферные процессы. Л., Гидрометеиздат. 1990. 463 с.
6. Хоргуани В.Г. – Микрофизика зарождения и роста града. М., Гидрометеиздат. 1984. 187 с.
7. Бибилашвили Н.Ш., Бурцев И.И., Серегин Ю.А. - Руководство по организации и проведению противоградовых работ. Л., Гидрометеиздат. 1981. 168 с.
8. Петрунин А. М. – Перспективы применения неуправляемых ракет в борьбе с градом. Сб. Проектно-конструкторские и производственные вопросы создания перспективной авиационной техники / Под ред. проф. Ю. Ю. Комарова/, Изд-во МАИ. М.. 2009. С. 304-313.
9. Амиранашвили А.Г., Бахсолиани М.Г., Бегалишвили Н.А. и др. – О необходимости возобновления работ по искусственному регулированию атмосферных процессов в Грузии. Труды института гидрометеорологии Грузинского технического университета, ISSN 1512-0902, Т. 119. Тбилиси. 2013. С. 144-152.
10. http://cloud-seeding.eu/ru/anti_hail/anti_hail_rocket.htm
11. <http://chemistry.europages.co.uk/business-directory-europe/did-chimie07/hc-07195F/Antihail-rockets.html>
12. http://www.findpatent.ru/img_show/733398.html
13. Карцивадзе А.И., Салуквадзе Т.Г., Лапинкас В.А. – Некоторые вопросы методики воздействия на градовые процессы с использованием противоградовой системы “Алазани”. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР. Т. 26, ”Мецниереба”.1975. С. 13-27.
14. Институт геофизики, под ред. Б.К.Балавадзе. “Мецниереба”. Тбилиси. 1983. 144 с.
15. Бартишвили И.Т., Надибаидзе Г.А., Бегалишвили Н.А., Гудушаури Ш.Л. - К физическим основам метода ЗаКНИГМИ борьбы с градом. Труды ЗаКНИГМИ «Физика облаков и активных воздействий», вып. 67(73), Л., Гидрометеиздат. 1978. С.73-82.
16. http://ru.wikipedia.org/wiki/Противоградовая_ракета
17. <http://enson.livejournal.com/65960.html>
18. <http://moigorod.od.ua/news/item/366971>
19. Амиранашвили А., Маградзе Г., Гамхиташвили Л. – Распространение льдообразующего реагента от трасс противоградовых изделий “Алазань” и “Кристалл” в восходящем турбулентном потоке воздуха. Тр. Всес.конф. “Активн. возд. на гидрометеорологические процессы”, Нальчик, 22-25 октября 1991, Санкт-Петербург. Гидрометеиздат. Книга 2. 1995, С. 152-155.
20. <http://praxis.marketcenter.ru/content/gds-2-810000419.html>
21. <http://www.acadenergo.ru/science/innovacii/obrazec>
22. <http://do.gendocs.ru/docs/index-52678.html?page=16>
23. http://ru.attech.ru/www/?page_id=656

24. <http://rbase.new-factoria.ru/gallery/wr-98-rakety-dlya-povysheniya-dozhdya-i-protivogradovye-rakety>
25. www.krusik.rs
26. <http://www.edepro.com/wp-content/uploads/2013/01/a6a8tehtable.gif>
27. http://www.edepro.com/?page_id=78
28. http://www.poliesterpriboj.com/protivgradne_rakete..en
http://www.poliesterpriboj.com/protivgradne_rakete..en
29. <http://iii03.pfo-perm.ru/Data/NIOKR/NIOKR1/00000053.htm>
30. <http://cloudseeding.arndtdesign.ch/AntiHailEN.aspx>
31. <http://www.dunarit.com/>

**დედამიწა-ჰაერი-ს ტიპის სეტყვის საწინააღმდეგო რაკეტები
ამირანაშვილი ა., ძოდუაშვილი უ., ჩიხლაძე ვ.
რეზიუმე**

წარმოდგენილია ზემოქმედების რაკეტული ტექნოლოგიის მოკლე ისტორია, სხვადასხვა ქვეყანაში სეტყვის საწინააღმდეგო აქტიური ზემოქმედებისათვის გამოყენებული დედამიწა-ჰაერის ტიპის უმართავი რაკეტების მოწყობილობის და მოქმედების პრინციპის სქემატური აღწერილობა და აგრეთვე მათი ფიზიკა-ტექნიკური მახასიათებლები.

ANTI-HAIL ROCKETS OF THE SURFACE-TO-AIR TYPE

Amiranashvili A., Dzodzuashvili U., Chikhladze V.

Abstract

The brief history of the rocket method of action, the schematic description of the operating principle and device, and also the physical and technical characteristics of the unguided anti-hail rockets of the type surface-to-air, used in the practical works on the fight with the hail damages in different countries are represented.