

## **АВИАЦИОННЫЙ МЕТОД ВЫСАДКИ ЛЕСОВ И ДРУГИХ ВИДОВ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ КАССЕТ**

***И.В. Захаров, С.Е. Алексеенцева***

Самарский государственный технический университет  
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

*Исследована проблема эффективности засева обширных территорий РФ и зон с любой поверхностно-геологической спецификой лесными массивами и другими видами растительных покрытий. Цель разработанного метода – быстрое и экономичное восстановление зеленой массы. Разработан авиационный метод высадки лесов и других растительных покрытий капсулированным семенным материалом путем сброса с авиационного борта вручную или с применением пиротехнических кассет без присутствия человека и техники на земле. Разработана организация метода. Предложена конструкция пиротехнической кассеты из экологически чистых материалов. Разработаны аэродинамические формы семенных капсул.*

***Ключевые слова:*** авиационная техника, пиротехническая кассета, семенная капсула, аэродинамическая форма, расчетное заглубление, почвенные климатические растительные особенности.

В настоящее время критическое состояние экосферы Земли не нуждается в специальных подтверждениях. Леса – решающий фактор, обуславливающий естественное состояние экосферы Земли, ее климатическую стабильность и самовосстановление. Поддержание необходимого экологического равновесия зависит от общей зеленой массы Земли.

В Российской Федерации, как и во всем мире, в результате естественно-природных катаклизмов, а также техногенной деятельности людей в последние десятилетия нанесен значительный урон лесным массивам. В целом ежегодно площадь лесов мира сокращается на 10–20 млн га [1]. 22 % лесов мира находятся в России. Таким образом, в настоящее время в мире осталось менее трети поверхности суши, покрытой лесами, что представляет собой минимум, необходимый для устойчивого функционирования биосферы Земли [1].

Восстановление лесных массивов путем высадки лесов любыми наиболее подходящими и эффективными средствами есть важнейшая задача настоящего времени. Вручную или с использованием простейших средств механизации невозможно засеять тысячи квадратных километров территории РФ.

Данная проблема может быть комплексно решена путем разработки нового перспективного метода высадки лесов капсулированными семенами деревьев со свободным сбросом с борта авиационной техники или с применением пиротехнических кассет одноразового (многократного) действия дистанционного срабатывания. Использование авиационной техники является экономически оправданным в условиях облесения зон со сложным и труднопроходимым рельефом – это облесение водоемов, степных зон, склонов холмов, старых карьеров, пожарищ, вырубок всех видов, а также масштабных территорий Дальнего Востока, южных степных зон. Предлага-

---

*Игорь Владиславович Захаров, ведущий инженер.*

*Светлана Евгеньевна Алексеенцева (к.ф.-м.н., доц.), доцент кафедры «Технология твердых химических веществ».*

емый метод направлен на значительное повышение эффективности засева территорий семенами деревьев и увеличение охватываемой площади с предельно минимальными экономическими затратами на материально-технические, временные и трудовые человеческие ресурсы. Также данный метод может применяться для посева любых растений, подлежащих высаживанию с помощью семян, на любых территориях.

Основное достоинство предлагаемого метода высадки лесов с применением пиротехнического устройства и авиации заключается в том, что не задействуются наземные транспортные и специализированные механические средства (сеялки, тракторы, прицепы и т. п.), посев производится без присутствия человека и техники на земле. Высадка производится непосредственно с авиаборта (основная техника – вертолетная) и осуществляется рабочей группой, состоящей из пилота и 2–3 человек. Применение вертолетной техники оправдано в случаях обработки не очень больших площадей со сложной конфигурацией засеваемого поля, со сложным рельефом местности и требованием точной высадки. Самолетная техника удобна для обширных, достаточно ровных, прямых площадей засева (Дальний Восток, южные степные районы России).

Для выброса партии капсулированных семян предлагается применять пиротехнические кассеты, каждая из которых обеспечивает заданный угол рассеивания капсул с требуемым расчетным радиусом и плотностью семян разовой площади засева, а также с возможностью расчетного заглубления в почву при дополнительном ускорении семенных капсул (рис. 1). Последовательное срабатывание кассет дает непрерывную полосу засева.

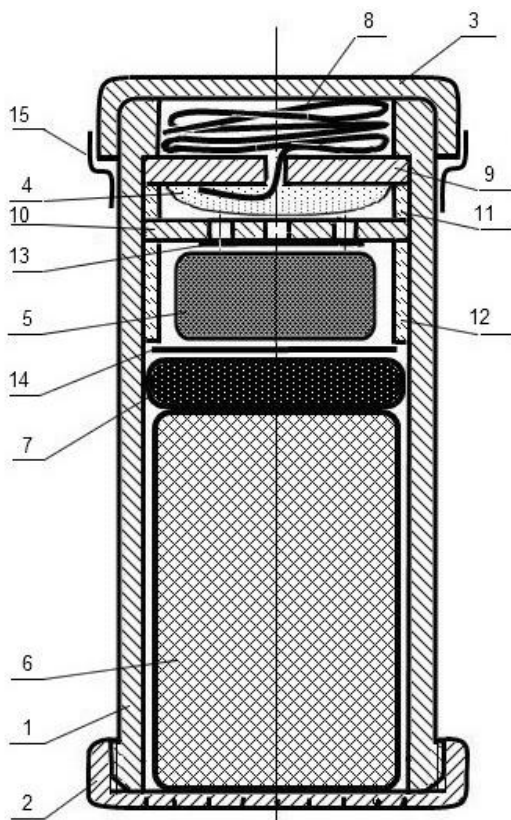


Рис. 1. Пиротехническая кассета:  
 1 – корпус кассеты; 2 – вышибное дно кассеты; 3 – крышка отсека вытяжного шнура; 4 – инициирующее вещество терочное; 5 – пороховая шашка; 6 – полезный груз семенных капсул; 7 – пыж; 8 – шнур вытяжной; 9 – диск опорный; 10 – диск раздельно-опорный; 11 – втулка опорная; 12 – втулка опорно-разделительная; 13 и 14 – прокладки защитные разделительные; 15 – лента липкая для фиксации крышки 3

Пиротехнические средства имеют двойное назначение:

- выброс и создание значительно большего угла рассеивания полезного объема семенных капсул, чем при ручном рассеивании с авиаборта;
- придание семенным капсулам расчетного ускорения, большего чем в свободном падении, для необходимого расчетного заглубления в почву (при необходимости – позволяющего проходить растительный покров).

Предложена к применению одноразовая пиротехническая кассета дистанционного механического натяжного срабатывания с пороховым вышибным зарядом для выброса полезного груза капсулированных семян с авиационного борта (Патент № 127892, RU МПК F42В 5/145, опубл. 10.05.2013. Пиротехническая кассета для массовой высадки семян деревьев с использованием авиации / С.Е. Алексенцева, И.В. Захаров (РФ)).

Корпус кассеты и ее отдельные элементы изготовлены из торфа на основе водорастворимых естественных клеев, некоторые комплектующие – из парафинированного картона или бумаги. Материал кассеты специально выбран по принципу природной экологичности. Отработанная торфяная кассета, упав на землю, от естественной природной влажности в течение нескольких суток размокает, разваливается, начинает разлагаться и превращается в естественное природное торфяное удобрение.

Конструкция кассеты, подразумевающая использование экологически чистых, естественных природных материалов, при доступности добычи и открытом расположении исходного материала – торфа и глины, позволяет предельно снизить себестоимость изделий, что особенно скажется на массовости использования, учитывая площади РФ. Технология упрощается со снижением себестоимости за счет использования простейших пресс-штамповых механизмов.

Капсулирование семян необходимо для придания им аэродинамических свойств с возможностями планируемого типа засева – кучности и точности обработки площадей, максимально большого охвата за счет планирования капсул в верхних ветровых слоях, для обработки поверхностей со сложными каменисто-впадинными рельефами и гористых склонов, водно-прибрежных поверхностей, для цветочно-травянистого верхнего засева.

Прочность капсул позволяет им пробивать растительность, внедряться в землю без разрушения зерна. Капсулирование семян частично имитирует подстилочное укрытие.

Для данного метода предложено применять семенные капсулы шарообразной, конической, эллипсообразной, дисковидной аэродинамической формы и капсулы контейнерного типа (рис. 2) (решение о выдаче патента по заявке № 2013111151/13(016470) от 1.10.2013 «Капсула для массового высева семян деревьев и других растений с использованием авиации»).

Конические и шарообразные капсулы имеют четкую радиальную/окружную рабочую зону засева с четкой фиксацией капсулы на поверхности земли. Форма конуса и шара предполагает как можно более точное попадание в расчетную зону, позволяет легко пробивать плотные травно-кустовые слои и заглубляться. Конус лучше всего работает с малых и больших высот сброса, при засеве извилистой береговой зоны. Преимущества формы шара заключаются в том, что она не нуждается в обеспечении точной геометрии при производстве, жестких аэродинамических требованиях к ориентации в воздухе. Траектория – вертикальная.

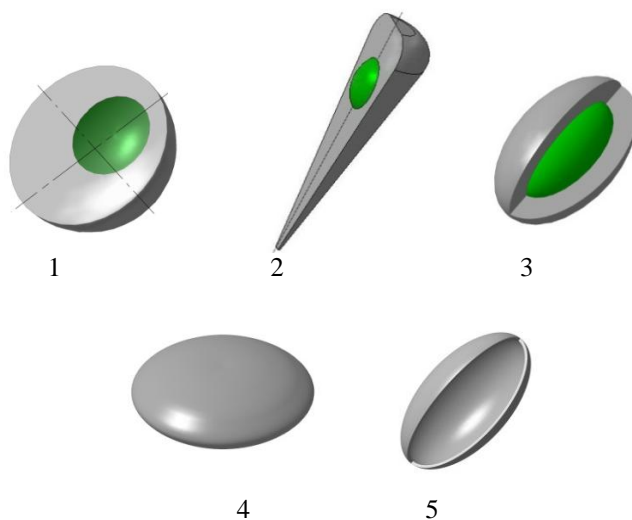


Рис. 2. Аэродинамические формы семенных капсул: 1 – шарообразная; 2 – конусная; 3 – эллипсообразная; 4 – дисковидная; 5 – пустотелая контейнерная

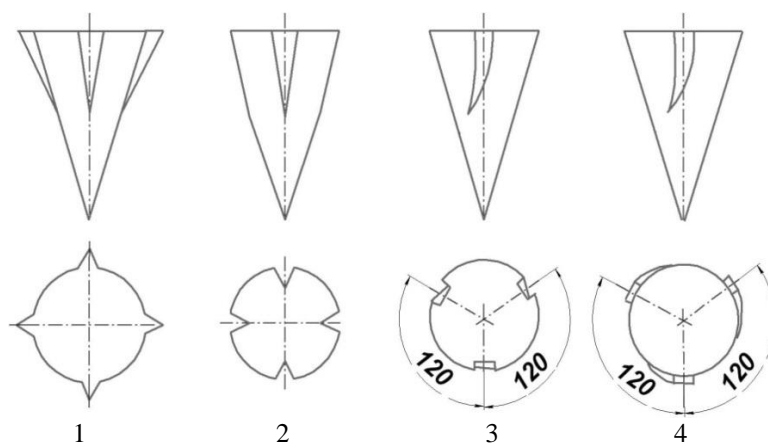


Рис. 3. Схемы стабилизаторов на капсулах конической формы: 1 и 2 – наружный и внутренний прямые соосные стабилизаторы; 3 и 4 – внутренний и наружный косые стабилизаторы



Рис. 4. Примеры выполнения стабилизаторов

Конус снабжается стабилизаторами прямыми или стабилизаторами правой аэродинамической закрутки (рис. 3, 4). Стабилизатор аэродинамической закрутки дает гироскопическую устойчивость в полете, устойчивость к боковой ветровой нагрузке, за счет наличия девиационного обхода угла снижаются требования к точности изготовления конструкции капсул по симметричности, центру масс и шероховатости поверхности.

Дисковидная форма предполагает свободное аэродинамическое планирование от точки сброса, обеспечивая предельно большие площади посева, при этом используются максимально возможные высоты сброса с учетом метеорологических данных по направлениям и скоростям ветровых слоев. Траектория – горизонтальная.

Эллипсообразная форма (см. рис. 2) предполагает возможность капсулы самостоятельно отыскивать точки остановки и покоя, совершая скачкообразные, подпрыгивающие, перекатывающие движения по сложной поверхности почвы (применен принцип углубления, упор в выступы). Траектория – угловая к горизонту.

Форма контейнерного типа (см. рис. 2) предназначена для засева травянисто-цветочным материалом (фермерских, редких видов и видов, занесенных в Красную книгу) готовых лесов или степных и полупустынных зон. Работы производятся при умеренных и сильных ветрах (0,8–15 м/с). После сброса тонкостенный контейнер легко разбивается о верхние ветви крон лесного массива, семена разносятся на километры по направлению ветров, осыпаются вниз, смываются дождями, оказываются на почве.

Конструкция семенной капсулы разрабатывается с учетом необходимого заглубления семени в почву, основанного на рекомендуемой толщине слоя засыпки землей (для хвойных – 1 см, желудей – 5 см, буковых – 3 см, других лиственных – 2–3 см) непосредственно при посадке.

Для различных видов пород деревьев существуют свои рекомендуемые типы и смеси удобрений, из которых можно с добавлением органических связующих клеев штамповать капсулу достаточной прочности, при этом не раздавливая зерно, семя, орех, ядро.

Один из вариантов экологически чистого, экономичного, доступного и прочного материала капсулы – торфяная смесь с техническим желатином (казеином, столярным мздовым клеем, клейстерным составом и др.).

На рис. 5 показана одна из конструкций семенной капсулы конусообразной формы, где посадочное семя запрессовывается в питательную среду, одновременно образующую прочную несущую оболочку.

Форма капсулы в виде конуса со смещенным центром тяжести ниже ее геометрического центра обеспечивает аэродинамическое разворачивание семенной капсулы в воздухе, ориентирование острием в сторону земли, вертикальность траектории, легкий проход травяного слоя и точный вход острием в почву на расчетную глубину (рис. 5).

Требуемое расчетное заглубление капсулы в почву задается предварительным определением свойств почв на месте предполагаемых работ, формой и массой капсулы, энергией вышибного заряда и высотой сброса.

Радиус и плотность засева капсул зависят от высоты сброса кассеты и ее конструкции.

Так, изготовить данную семенную капсулу наиболее просто методом прессования с плотностью 2,5–3 г/см<sup>3</sup> и прочностью около 19–21 МПа и более. Предполагается, что данную плотность нежелательно превышать с точки зрения прорастания семян, так, чтобы ее значение незначительно превышало плотность грунтов и глин

(2,7 и 2,5 г/см<sup>3</sup> соответственно). Возможен вариант спрессованной капсулы с переменной плотностью, где нижняя часть с наружной поверхностью капсулы – более плотная, обеспечивающая внедрение в почву, верхняя – менее плотная для облегчения прорастания.

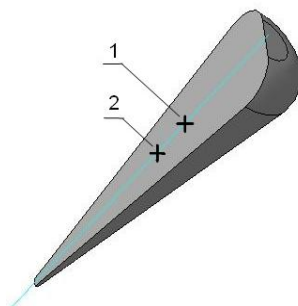


Рис. 5. Семенная капсула для высадки лесов с применением авиации:  
1 – геометрический центр; 2 – центр тяжести

Таким образом, вес капсулы теоретически может составить от 4 г для хвойных и порядка 50 г для лиственных пород, для дубов – более 200–300 г.

Величину заглубления капсулы семян деревьев и других растений в почву можно оценить по зависимости, используемой для небольших скоростей проникания ударников в преграду от 0 до 800 м/с [2]:

$$S = \frac{2m}{\pi d^2 \lambda a b} \ln(1 + bV^2),$$

где  $m$  – масса ударника, т. е. семенной капсулы, кг;  $d$  – диаметр ударника, м;  $\lambda$  – геометрический коэффициент формы ударника ( $\lambda = 1,91 - 0,35 \frac{h}{d}$ , здесь  $h$  – высота конической части ударника, при соотношении конической части к цилиндрической  $\lambda \cong 1,2$ ),  $a$  и  $b$  – характеристики прочности и вязкости материала (для рыхлого грунта  $a = 46 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup>,  $b = 6 \cdot 10^{-5}$  с<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, для уплотненного грунта – около  $104,5 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup> и  $3,5 \cdot 10^{-5}$  с<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> соответственно),  $V$  – скорость ударника перед преградой, м/с.

#### Расчетная величина заглубления капсулы в почву

Масса капсулы, г	Вид грунта	Скорость подлета к почве, м/с	Величина заглубления капсулы, мм
4	Рыхлый	50	10
4	Плотный	50	5
4	Плотный	100	17
6	Рыхлый	50	16
6	Плотный	50	8
6	Плотный	100	26
47	Рыхлый	30	30
47	Рыхлый	50	80
47	Плотный	50	37
47	Плотный	70	68

В соответствии с вышеприведенной формулой получим значения величин за­глубления в почву капсул в некотором интервале скоростей. Так, масса капсул по приближенным расчетам для семян хвойных деревьев – 4–6 г (слой засыпки почвой 1 см) в зависимости от плотности материала капсулы. Для лиственных пород дере­вьев вес составляет около 47 г (слой засыпки почвой – 2 мм).

Из таблицы видно, что вход капсулы в почву со скоростью от 30 до 70 м/с обес­печивает необходимые величины заглубления семян. Возможен учет прохождения растительного покрова (высокотравие, кусты) порядка 2–15 %.

Возможные варианты заглубления при сбросе семенных капсул с борта авиаци­онной техники показаны на рис. 6.

При точном определении механических свойств почвы и растительности, скоро­сти и высоты сбрасывания пиротехнической кассеты после приземления и заглубле­ния капсул образуется небольшая вспученность почвы, где семя находится прибли­зительно на уровне горизонта и окружено полусферой торфяной смеси необходимо­го диаметра и плотности, что обеспечивает хорошее произрастание.

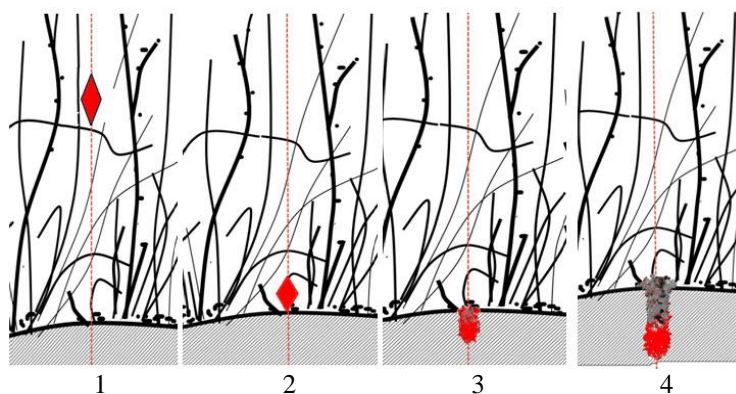


Рис. 6. Схемы основных характерных расположений семенных капсул относительно уровня земли при высадке авиационным методом с учетом требования заглубления в почву:

- 1 – капсула остановилась в травяном покрове земли, не достигнув поверхности;
- 2 – капсула прошла травяной покров и легла на поверхность почвы; 3 – капсула с нормальным расчетным заглублением в почву; 4 – капсула с недопустимо большим заглублением

Произведена оценка эффективности предлагаемого способа. Полезный вес посе­вного материала предлагаемой кассеты – от 3 кг до 25 кг. Предельный вес кассеты определяется максимально возможной мощностью пороховой шашки вышибного заряда, безопасного для авиаборта. При минимальной грузоподъемности авиаборта порядка 4 т за один только вылет максимально можно засеять семенами хвойных деревьев (с учетом естественной плотности лесов) 10–20 Га земли (0,1–0,2 км<sup>2</sup>), т. е. в десятки раз больше, чем при наземном способе.

### Выводы

1. Разработан новый метод высадки лесов и других видов растительных покры­тий с борта авиационной техники свободным механическим сбросом или с помощью пиротехнических кассет дистанционного срабатывания, обеспечивающих выброс и рассеивание капсулированных семян с их заглублением в почву.

2. Разработана конструкция одноразовой пиротехнической кассеты из натуральных природных экологически чистых материалов, обеспечивающей выброс и рассеивание капсулированных семян с авиационного борта.

3. Предложены аэродинамические формы и конструкции капсул из природных материалов для семян растительности под высадку с борта авиационной техники.

4. Экономическая эффективность метода обеспечивается следующими фактами: затраты на авиационный проход значительно меньше трудозатрат длительных наземных работ; затраты на вылет авиационной техники многократно меньше стоимости поднявшихся лесов (климатическая естественность, урожайность, цены); для изготовления пиротехнических кассет и капсул применяется легкодоступный, дешевый материал, массово распространенный в РФ, – торф поверхностного залегания; возможен отказ от дорогостоящего сложного оборудования и оснастки; на пересеченной местности не задействуются наземные транспортные и специализированные механические средства (сеялки, тракторы, прицепы и т. п.), посев производится без присутствия человека и техники на земле.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы / Под ред. Ю.Л. Воробьева; МЧС России. – М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. – 312 с.
2. Данилин Г.А., Огородников В.П., Заволокин А.Б. Основы проектирования патронов к стрелковому оружию. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2005. – 374 с.
3. Патент № 2010142811 РФ, МПК А01С1/00 (2006.01). Способ формирования одноразового инкубатора для семян / Г.В. Романов, Б.Е. Степанов и др.; ГНУ ВИМ Россельхозакадемии; № 2010142811/13; Заяв. 19.10.2010; Оpubл. 27.04.2012.

*Статья поступила в редакцию 12 сентября 2013 г.*

## AVIATION METHOD OF LANDING OF WOODS AND OTHERS TYPES OF PLANTS WITH APPLICATION PYROTECHNIC HOLDERS

***I.V. Zacharov, S.E. Aleksentseva***

Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

*The efficiency problem zacement extensive territories of the Russian Federation and zones with any is superficial-geological specificity large forests and other kinds of plants is investigated. The purpose of the developed method - fast economic restoration of green weight. The aviation method of disembarkation of woods and other plants by capsules of a seed material by dump from an aviation board manually or with application of pyrotechnic cartridges without presence of the person and technics on the earth is developed. The method organisation is developed. The design of the pyrotechnic cartridge from non-polluting materials is offered. Aerodynamic forms of seed capsules are developed.*

***Keywords:*** *aeronautics, the pyrotechnic holder, seed sheath, aerodynamic form, rated deepening, soil climatic vegetative singularities.*

---

*Igor V. Zacharov, Leading Engineer.  
Svetlana E. Aleksentseva (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.*