

УДК 631.53

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ КАССЕТ ДЛЯ АВИАЦИОННОГО МЕТОДА ВЫСАДКИ ЛЕСОВ И ДРУГИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ

© 2020 С.Е.Алексенцева

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 12.12.2020

Показана эффективность разработки авиационного метода высадки лесов и других видов растений с применением пиротехнических кассет из экологического материала для сброса капсулированного семенного груза с целью его заглубления в грунте, что производится без привлечения наземных посевных транспортных машин и механизмов. Разработка обеспечивает проведение высадки лесов и других видов растений экологически чистым способом, без загрязнения почвы материалами конструкций стандартных пиротехнических изделий. Статья направлена на формирование доказательной базы о возможности практического применения пиротехнических кассет из экологического материала для сброса капсулированного семенного груза. Исследованы конструктивные возможности применения пиротехнических кассет для сброса массы семенного материала с применением авиационной техники. Дано описание конструкции пиротехнической кассеты для дистанционного сброса семенного материала в виде специальных капсул и засева обширных площадей семенами лесов и других видов растений с высокой скоростью и эффективностью. Показано возникновение сил, работающих на разрыв материала пиротехнической кассеты под действием пороховых газов вышибного порохового заряда. Сделан анализ прочностных параметров экологического материала пиротехнической кассеты под действием давления пороховых газов при срабатывании вышибного заряда. Даны расчётные параметры толщин пиротехнических кассет для сброса семенных грузов разных масс. Предлагаются компоненты экологически чистого состава для изготовления пиротехнической кассеты из природных естественных материалов с водорастворимыми клеящими связующими веществами.

Ключевые слова: пиротехническая кассета, конструкция, прочность, семенная капсула, аэродинамическая форма, авиационная техника

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-6-104-108

Экологические проблемы настоящего времени являются сферой пристального внимания с точки зрения разработки инновационных технологий с целью их решения. Ухудшение экологии Земли приводит к необратимым изменениям в жизни людей, появлению эпидемий, пандемий, снижению физиологических параметров человека и многому другому. Основным фактором, влияющим на экологическое качество жизни человека, является окружающая атмосфера, как воздушная, так и природно-растительная, формирующая эоклимат и поставляющая природно-качественные ингредиенты для жизнеобеспечения человека.

Одной из актуальных проблем является восстановление растительного массива – лесов, кустарников, трав и других видов растений. Основанием для восстановления растительного массива являются как природные пожары, так и негативная техногенная деятельность челове-

ства. Задачи, которые возникают при решении данной проблемы – это засев обширных территорий в наиболее короткое время с возможно минимальными затратами технических, материальных и человеческих ресурсов. Так же позитивным направлением является восстановление зелёных зон в местах брошенных пастбищ. Данные заброшенные территории появляются, например, во многих африканских землях вследствие борьбы с разведением коров для мясных продуктов. Актуальным направлением может быть восстановление растительности в областях, ранее бывших в технологических разработках по добыче ископаемых и других техногенных работах.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Областью исследования является эффективность разработки авиационного метода высадки лесов и других видов растений с применением пиротехнических кассет из экологического материала для сброса капсулированного семенного груза с целью его заглубления в грунте,

Алексенцева Светлана Евгеньевна, доктор технических наук, профессор кафедры технологии твёрдых химических веществ. E-mail: alekswave@yandex.ru

что производится без привлечения наземных посевных транспортных машин и механизмов. Поставлены задачи по определению конструктивных параметров пиротехнических кассет, изготовленных из экологической смеси с использованием в качестве основы торфа. Необходимо провести анализ прочности экологического материала пиротехнической кассеты под давлением пороховых газов при срабатывании вышибного заряда. По результатам прочностных расчётов дать рекомендации под экспериментальные исследования конструктивных параметров (толщины стенки) пиротехнической кассеты, выполненной из экологического материала с использованием в качестве основы торфа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время существуют некоторые эффективные технологии по засеву крупных территорий. Один из эффективных методов – авиационный метод высадки лесов и других видов растений [1]. Данный метод разработан для высадки лесов и других видов растений с борта авиационной техники как свободным механическим выбросом, а так же с применением пиротехнических кассет дистанционного срабатывания, что обеспечивает сброс с ускорением и зону рассеивания капсулированных семян с их заглублением в почву. Показана экономическая эффективность при использовании данного метода путём сравнения на затраты авиационного вылета, что значительно меньше временных параметров при посевных наземных работах. Показана эффективность при оценке стоимости выросших лесов или урожайности, улучшение и оздоровление окружающей атмосферы. Выявлена экономическая эффективность при отказе от дорогостоящего оборудования, задействования наземных транспортных и специальных посевных машин и механизмов. Для авиационного метода засев производится дистанционно без участия людей и технических средств на земной поверхности.

Авиационный метод высадки лесов и других видов растений [1] включает капсулирование семенного материала. Предложены специальные конструкции капсул из природных материалов для семян с целью их сброса и высадки с авиационного борта [2]. Разработаны аэродинамические формы капсул с ориентировкой по центру тяжести в виде конуса, шара, эллипсоида и др. Предложены расходные экологические материалы для капсул, где из наиболее доступных и опробованных в сельскохозяйственных посадочных мероприятиях выделен торф – легко доступный и самый дешёвый материал, массово распространённый на территории России. Торф так же является хорошей средой для проращивания семян растений.

Разработана конструкция пиротехнической кассеты [3] одноразового действия, которая осуществляет сброс, рассеивание и заглубление капсул. Упрощённая схема пиротехнической кассеты показана на рис.1. Пиротехническая кассета так же конструктивно выполнена из экологического материала.

Для изготовления пиротехнической кассеты и всех её составных частей предлагается использовать экологически чистые естественные природные материалы: не считая взрывчатых веществ, это торф, глины, клеящие связующие вещества. Возможно применение технического желатина – казеина, столярного мздового клея, клейстерных составов и др. Используются только водорастворимые естественные органические вещества с минимальной себестоимостью, избегая применения любых полусинтетических, синтетических, полимерных, металлических материалов и по возможности даже бумажных. Естественные органические и водорастворимые вещества специально выбраны, чтобы после срабатывания элементы конструкции кассеты после падения на почву не наносили вред природе.

Исследованы совокупные данные по плотности и прочности компонентов экологического материала. Предлагается использовать торф как основной компонент смесового экологического материала для изготовления кассет. Торф является легко доступным сырьём полезным ископаемым массового залегания [4]. Комплексно используется в мировой промышленности. Плотность природного торфа зависит от глубины залегания и степени перегнивания. Верховые породы имеют плотность порядка 1 г/см³. Плотность низинного аллювиально-болотного торфа достигает 1.2 г/см³. В строительстве при возведении дорожного полотна применяют торф даже при плотности 0.1 г/см³ [4]. Прочность стаканов для высадки растений из торфа и древесной трухи при толщине всего 1-1,5 мм позволяет производить культивацию. Для прочности торфа есть ряд данных по прессованию и брикетированию торфа. Прессование ведётся с применением магнитного поля и прочность брикетов из торфа достигает значений 14.65 МПа [6]. Прочность брикетов из торфяных смесей с древесными добавками даже для бытовых нужд составляет 20 МПа.

Плотность и прочность глины соответственно 1.6 - 2.9 г/см³ и 19 МПа и выше.

Длительная прочность на сжатие технического казеина 5.5 МПа, клейстера до 6 МПа. Клеевые соединения на казеиновой основе не разрушаются даже, когда разрушается склеиваемый материал.

Экологический материал должен обладать прочностью, обеспечивающей воздействие дав-

ления пороховых газов при срабатывании вышибного порохового заряда и выброса полезного груза. Иницирующий блок – 3 состоит из вытяжного шнура, заделанного в иницирующее вещество, чувствительного к трению, в результате срабатывания иницирующего блока приводит к срабатыванию вышибного порохового заряда - 4. Пороховой вышибной заряд подлежит отдельному расчёту для обеспечения энергии для сброса полезного семенного капсулированного груза. При расчёте необходим учёт высоты сброса груза для обеспечения ориентировки капсулы в воздухе в сторону земли и расчётного заглубления капсулированных семян, вид семенного груза, форму, массу и размерные параметры капсул и прочностные характеристики капсул. Верхний торец пиротехнической кассеты со стороны блока иницирования закрыт защитной крышкой.

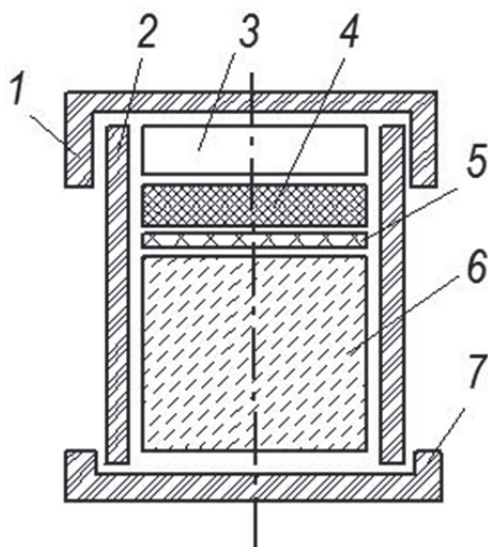


Рис. 1. Схема пиротехнической кассеты дистанционного срабатывания с капсулированными семенами:

- 1 – защитная крышка; 2 – корпус; 3 – отсек иницирования; 4 – вышибной заряд; 5 – пыж;
- 6 – полезный груз капсулированных семян;
- 7 – привинтное дно

Вышибная часть – 4 состоит из пороховой шашки или порохового заряда в оболочке. Под пороховым зарядом устанавливается пыж. Пыж -5 выполняется так же из прессованной смеси экологических материалов.

Нижняя торцевая часть представляет собой привинтное дно – 7. Дно наворачивается на наружную резьбу в нижней части цилиндрического корпуса. Привинтное дно выполнено штамповкой с насечками, обеспечивающими дробление дна при срабатывании вышибного заряда и выброса семенного груза. При необходимости, возможно, дополнительно зафиксировать соединение дна и крышки с корпусом клейкой разлагаемой лентой.

Капсулированный семенной груз – 6 представляет собой заранее подготовленные семена, запрессованные в капсулы аэродинамической формы. При сбросе с помощью пиротехнической кассеты капсулы приобретают начальное ускорение, необходимое для заглубления капсул [1-2].

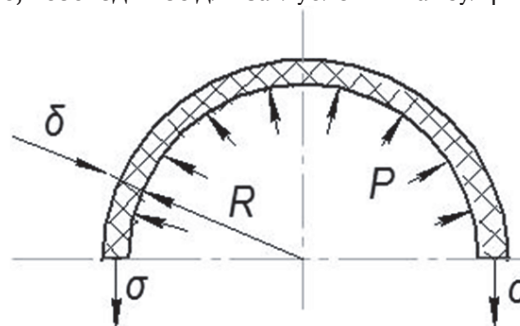


Рис. 2. Напряжения в цилиндрической части корпуса кассеты

Прочность пиротехнической кассеты должна обеспечить конструктивную целостность и удержание при срабатывании порохового разрывного заряда и предельное давление выброса полезного груза с учётом инерционности его массы. Корпус пиротехнической кассеты можно аппроксимировать тонкостенным цилиндрическим телом [7]. После срабатывания порохового вышибного заряда давление пороховых газов действует на стенки корпуса кассеты. Давление воздействует на торцевые области, где уравновешиваются силами, возникающими в поперечном сечении корпуса. Так же воздействие идёт на цилиндрическую поверхность корпуса кассеты. В данной зоне возникают кольцевые или окружные напряжения (рис.2). Окружные напряжения в два раза больше продольных. Под действием разрушающего внутреннего давления в цилиндрической части корпуса кассеты от окружных напряжений могут возникнуть трещины, приводящие к нарушению целостности конструкции кассеты и сбою функции выброса груза. Расчёт окружных напряжений конструкции производится по формуле [7]:

$$\sigma = P (R / \delta),$$

здесь σ – окружные напряжения, возникающие в поперечном сечении цилиндрической части корпуса кассеты, R - средний радиус цилиндрической части кассеты, P – давление внутри цилиндрической части кассеты, δ – толщина стенки цилиндрической части корпуса кассеты.

Таким образом, задача сводится к определению минимально возможной толщины корпуса кассеты δ при известном радиусе цилиндрической части корпуса пиротехнической кассеты R , величины давления пороховых газов P и предельной прочности материала корпуса кассеты σ .

Порох является источником силового энергетического сгустка для метания различных

объектов, от зарядов, ракет и вышибного груза в вышибных снарядах. В качестве вышибного заряда для пиротехнической кассеты предлагается использовать бездымный пороховой заряд. Одной из основных энергетических характеристик пороха является сила пороха, которая представляет работу и производящая работу метания при сгорании пороха. Величина силы пороха для бездымного пироксилинового пороха находится в интервале 750 - 1000 Дж/кг и зависит от массы сгораемого пороха. Так, масса порохового заряда изменяется от грамм в патронах для огнестрельного оружия до килограмм в гильзах артиллерийских орудий [8].

Для метания ударника необходимо выявить зависимость массы порохового заряда и массы метаемого груза. Данная задача решается специальными расчётными средствами баллистики. Чем меньше масса метаемого ударника, тем меньше масса порохового заряда используется для метания. В ружейных патронах соотношение массы пороха и метаемой пули составляет около 1:18 – 1:15. Для снарядов среднего калибра данное соотношение 1: 3 – 1: 5.

Для настоящих расчётов необходимо знать давление пороховых газов при срабатывании заряда. В ствольных системах давление может иметь значение 200 – 700 МПа, для ракетных двигателей и газогенераторных систем давление может составить 4-20 МПа [8-9]. Минимальное давление для порохов на основе перхлоратов составляет 1-3 МПа [8]. Для оценочных расчётов вышибных зарядов можно исследовать давление в интервале 1-4 МПа, учитывая, что сбрасывается груз с невысокой прочностью, незначительно превышающей по величине давление пороховых газов.

Процесс воздействия пороховых газов на стенки корпуса пиротехнической кассеты является динамическим процессом нарастающего давления внутри замкнутой камеры до тех пор, пока полезный груз не вытолкнет за пределы кассеты, тем разомкнув объём камеры с резким сбросом давления. Имеем точку максимума предела давления, по нему нужен расчёт прочности кассеты на разрыв. Поэтому необходимо учитывать прочность материала кассеты, характерной при высокоскоростном разрушении материала. Окружные напряжения при срабатывании по-

рохового заряда не должны превышать данной прочности. Данная прочность характерна для самопроизвольных процессов лавинообразного разрушения.

Пределы прочности материалов зависят от вида нагружения. При воздействии пороховых газов материал кассеты работает на сжатие. Явление прочностной анизотропии указывает о том, что предел прочности при сжатии обычно в несколько раз больше, чем предел прочности при растяжении.

Принята прочность материала корпуса кассеты для расчётов окружных напряжений равной 14.65 МПа, что характерно для прессованного материала из чистого, без добавок, торфа, как основы, и соответствует современным возможностям практически получаемой прочности брикетов из торфа [6]. В таблице показаны результаты расчета минимальной толщины стенки кассеты при давлении пороховых газов в интервале 1- 4 МПа кассет с равными размерами высоты и диаметра.

Таким образом, результаты данной работы показывают, что разработанный метод сброса семенного груза авиационным способом с применением пиротехнических кассет, изготовленных из экологических материалов с использованием торфа, могут реализоваться как эффективное технико-технологическое изобретение, способствующее выполнению национальных проектов по экологии.

ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Показана эффективность применения пиротехнических кассет из экологического материала для авиационного метода высадки лесов и других видов растений и сброса капсулированного семенного груза с целью его заглубления в грунте, что производится без привлечения наземных посевных транспортных машин и механизмов.

2. Исследованы конструктивные возможности применения пиротехнических кассет из экологического материала для сброса массы семенного материала при действии сил, работающих на разрыв материала пиротехнической кассеты под действием пороховых газов вышибного порохового заряда.

Таблица. Размерно-прочностные параметры пиротехнической кассеты

Масса семенного капсулированного груза, кг	3	10	15
Расчётный радиус R цилиндрической части корпуса кассеты, м	0.08	0.12	0.14
Минимальная толщина стенки кассеты, мм, при давлении P (1 – 4) МПа	5.4 – 21.8	8.2 - 33	9.4 - 37

3. Даны расчётные параметры толщин пиротехнических кассет для сброса семенных грузов разных масс.

4. Определена возможность эффективного применения экологических материалов с использованием в качестве основы торфа для изготовления пиротехнической кассеты для сброса и рассеивания груза и её практического использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаров, И.В., Алексенцева С.Е. Авиационный метод высадки лесов и других видов растений с применением пиротехнических кассет // Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки». – 2013. – №4(40). – С. 106-113.
2. Капсула для массового посева семян деревьев и других растений с использованием авиации Патент RU №135876 U1, МПК А01С 1/06, опубл. 27.12.2013 г. / С.Е. Алексенцева, И.В. Захаров (РФ)
3. Пиротехническая кассета для массовой высадки семян деревьев с использованием авиации. Патент RU №127892, U1 МПК F42В 5/145, опубл. 10.05.2013 г. / С.Е. Алексенцева, И.В. Захаров (РФ)
4. Ведомственно-строительные нормы ВСН 26-90. Инструкция по проектированию и строительству автомобильных дорог нефтяных и газовых промыслов западной Сибири // Минтрансстрой, 1991. – 48 с.
5. Гуляев А.П., Гуляев А.А. Металловедение. 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Альянс, 2012. – 643 с.
6. Способ получения брикетов из торфа. Патент RU №2463333 С2, МПК С10F 7/06, опубл. 10.10.2012 г. / В.А. Михеев, Т.В. Москаленко, О.С. Данилов
7. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1986, 560 с.
8. Энергетические конденсированные системы. Краткий энциклопедический словарь [под. ред. Б.П.Жукова]. – М.: Янус-К, 2000, 596 с.
9. Алексенцева С.Е, Захаров И.В. Влияние демпфирующих свойств сплавов на пулестойкость. // Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки». – 2011. – № 4(40). – С.88-95.

OPERATIONAL EFFECTIVENESS OF PYROTECHNIC CARTRIDGES FOR AVIATION METHOD OF LANDING OF WOODS AND OTHER TYPES OF PLANTS

© 2020 S.E.Aleksentseva

Samara State Technical University, Samara, Russia

Efficiency of working out by means of an aviation method of landing of woods and other kinds of plants with application of pyrotechnic cartridges of an ecological material for reset the seeds for its deepening in a soil is shown. It is effected without the sowing transport machines and gears. There is project of landing of woods and other kinds of plants with a pollution-free expedient, without pollution of soil by materials of standard pyrotechnic cartridge. In the article there was collected an information about a capability of operational use of pyrotechnic cartridges made of an ecological material for reset the seeds. Constructive applications of pyrotechnic cartridges for reset of mass of the seeds material by means an aviation technics are investigated. In The article there is exposition of a construction of the pyrotechnic cartridge for distant reset of a seed material in the form of special sheaths and sowing of the extensive areas by seeds of woods and other kinds of plants with high speed and efficiency. there is origin of the forces working on a disrapture of a material of the pyrotechnic cartridge under the influence of pyrotechnic gases. In the article there is the analysis of strength parametres of an ecological material of the pyrotechnic cartridge under the influence of a pressure of burster charge. Calculated parametres of widths of pyrotechnic cartridges for reset of seed loads of different masses are yielded. Components of a pollution-free composition for manufacture of the pyrotechnic cartridge made of the natural materials with the gluing water-soluble materials are offered. In the article there are investigations at a static loading of strength capabilities of a body of the pyrotechnic cartridge which have been made out from an ecological material for different masses of the seeds.

Keywords: pyrotechnic cartridge, construction, strength, seed sheath, aerodynamic form, aviation engineering

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-6-104-108