

**Е. А. Ягодка, Д. А. Дроздов**

(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;  
e-mail: d.a.drozdov97@mail.ru)

## РАЗРАБОТКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЭВАКУАЦИИ ДЕТЕЙ ИЗ ВЕРЁВОЧНЫХ ПАРКОВ

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Работа посвящена описанию результатов модельного эксперимента по проверке работоспособности специального технического устройства для спуска детей с высоты маршрута верёвочного парка, теоретическая модель которого ранее была предложена авторами. С учётом результатов эксперимента и с использованием теории решения изобретательских задач разработана и апробирована модель нового спускового устройства.

**Цели и задачи.** Основной целью исследования является проверка функционирования спускового устройства с ранее определёнными требуемыми параметрами, включающая оценку работоспособности тормозного механизма, проверку обеспечения требуемой скорости спуска, а также предварительную оценку надёжности специального технического устройства.

**Методы.** При проведении исследования использовались общеизвестные научные методы: анализ, синтез, натурный эксперимент, теория решения изобретательских задач, теория графов.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты проведённого исследования показали, что ранее предложенное устройство может быть использовано для своевременной эвакуации детей, но требует конструктивной доработки для повышения его универсальности – обеспечения возможности его использования для спуска детей массой от 15 до 40 кг. Испытания новой модели устройства показали её эффективность и возможность применения для спуска детей различной массы с требуемой безопасной скоростью. При этом все узловые части устройства в совокупности работают слажено, каких-либо неисправностей как в ходе, так и после проведения эксперимента выявлено не было.

**Заключение.** В результате проведённого исследования установлено, что разработка спускового устройства на основании новой модели является перспективной задачей с гарантированным положительным результатом. Использование теории решения изобретательских задач позволяет повысить эффективность творческой деятельности и минимизировать затраты на поиск "верного" решения.

**Ключевые слова:** верёвочный парк, спусковое устройство, эвакуация, эксперимент, физическая модель, теория решения изобретательских задач.

**Для цитирования:** Ягодка Е. А., Дроздов Д. А. Разработка и экспериментальная проверка специальных технических устройств для эвакуации детей из верёвочных парков // Технологии техносферной безопасности. – 2021. – Вып. 1 (91). – С. 33-41. <https://doi.org/10.25257/TTS.2021.1.91.33-41>

Согласно ст. 5 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности", каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности, направленную на обеспечение безопасности людей при пожаре. Одним из способов защиты людей при пожаре является обеспечение их безопасной эвакуации посредством организации оповещения и управления движением людей по эвакуационным путям. Однако анализ нормативной базы в области пожарной безопасности показал, что в некоторых ситуациях существующих решений может оказаться недостаточно или они могут быть не эффективны для обеспечения эвакуации людей при пожаре.

В качестве такой ситуации рассматривается вопрос обеспечения безопасности людей (детей), находящихся в развлекательных зонах внутри зданий, а в частности на маршрутах верёвочных парков (рис. 1).



**Рис. 1.** Помещение верёвочного парка в одном из торгово-развлекательных центров г. Москвы

На основании теоретических исследований проблемы своевременной эвакуации (своевременного спуска) детей при их нахождении на маршруте верёвочного парка в случае возникновения пожара авторами было предложено специальное техническое устройство [1, 2]. Численный эксперимент на основе математического моделирования пожара показал возможность его эффективного использования.

В целях практической проверки работоспособности теоретической модели устройства создан макет (рис. 2). Он представляет собой спусковую катушку, содержащую корпус, выполненный в виде параллелепипеда, внутри которого размещён подшипник, вращающийся на валу. Устройство поделено на две части. В первой находится непосредственно тормозной механизм, действие которого основано на электромагнитной индукции. Он состоит из металлического

ротора, закрепленного на подшипнике, и сверхмощных неодимовых магнитов, расположенных по периметру круга со стороны ротора. Во второй части расположена стропа, присоединённая к подшипнику и смотанная вокруг него в катушку.



Рис. 2. Макет специального технического устройства

Практическая проверка вышеописанного макета проводилась в виде испытания [3], основной целью которого была проверка работоспособности тормозного механизма, обеспечение требуемой скорости спуска, а также предварительная оценка надёжности устройства. Сущность эксперимента заключалась в поочерёдном спуске грузов различной массы с высоты при помощи разработанного макета. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты испытаний

№ п/п	$H_{сп}, м$	$m, кг$	$t, с$	$V, м/с$	$V_{тр}, м/с$	Выполнение условия безопасного спуска
1	4,479	15	3,1	1,493	Не более 1,5*	+
2		20	2,05	2,24		-
3		30	1,57	2,85		-
4		35	1,01	4,44		-
5		50	0,54	8,3		-

Примечание: \* – безопасная скорость спуска, предотвращающая травмирование людей при приземлении<sup>1</sup>

По итогам испытаний можно сказать, что теоретическая модель в целом работоспособна, поскольку её натурный макет успешно выполнил функцию спуска грузов различной массы. Однако в ходе испытаний скорость спуска изменялась прямо пропорционально массе грузов: чем больше масса грузов, тем больше скорость спуска. В результате требуемая безопасная скорость спуска

<sup>1</sup> Гофштейн А. И., Мартынов А. И. Временные правила безопасности в промышленном альпинизме. Утверждено на заседании Межведомственной комиссии по аттестации аварийно-спасательных формирований, спасателей и образовательных учреждений по их подготовке (Протокол № 2 от 9 июня 2001 г.). 179 Спасательный центр МЧС России

ка обеспечивалась не во всех случаях, что объясняется тормозными усилиями, обусловленными соотношением размеров магнитов и ротором в сборе. Для решения этой проблемы необходимо увеличение тормозных усилий по мере увеличения массы грузов. Данное обстоятельство потребует разработки спусковых устройств с разными размерами магнитов и ротора, которые будут зависеть от массы спускаемого груза, что не позволяет использовать предложенное устройство в качестве универсального для диапазона масс от 15 до 40 кг. В связи с этим принято решение о разработке новой модели спускового устройства для эвакуации детей.

При разработке новой модели специального спускового устройства использован один из принципов теории решения изобретательских задач [4]: *"НАОБОРОТ" – "вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие"* [5]. Данный принцип выбран и рассмотрен в контексте проблемы, выявленной в ходе проведения испытаний физической модели первого спускового устройства: *необходимо увеличивать размеры механизмов, обеспечивающих тормозные усилия, по мере увеличения массы спускаемого груза.*

На основе вышеописанного принципа алгоритма решения изобретательских задач сформулировано следующее условие: *для эффективной работы устройства необходимо не изменять размеры тормозных механизмов, а добиться обратной зависимости скорости спуска от массы спускаемого: чем больше масса спускаемого груза, тем меньше скорость спуска.* На основе сформулированного условия выдвинута гипотеза – условие решения: *при оказании воздействия на тормозной механизм оно должно обеспечить проявление обратной зависимости между массой спускаемого и скоростью спуска.*

Для отработки гипотезы была разработана и апробирована физическая модель (прототип) спускового устройства, состоящего из спускового механизма для промышленного альпинизма типа "галчонок", деревянной пластины, спусковой катушки, спасательной верёвки – 6 м, а также пружины с креплениями (саморезами) и вала с резьбой и гайками (рис. 3).



Рис. 3. Прототип специального технического устройства

Принцип работы устройства следующий: стропа под действием веса человека вытягивается из катушки, тем самым приводит в действие тормозной механизм в виде роликов. Закреплённая на корпусе пружина создаёт рычагу усилие, которое останавливает его на определённом уровне, обеспечивающем плавный спуск человека с высоты.

При проведении натуральных испытаний, целью которых являлась оценка работоспособности устройства с требуемыми параметрами спуска, использовались:

- А. Груз (металлические диски):
  - а.  $2 \times 15$  кг;
  - б.  $2 \times 10$  кг;
  - с.  $2 \times 5$  кг;
- В. Лазерный дальномер;
- С. Строительная рулетка – 5 м;
- Д. Электронные весы;
- Е. Секундомер;
- Ф. Устройство видеофиксации – видеокамера;
- Г. Прототип специального технического устройства.

Эксперимент проводился в несколько этапов. Испытания проходили в дневное время при естественном освещении, при температуре окружающего воздуха  $27^\circ\text{C}$ . При помощи лазерного дальномера было произведено измерение высоты закрепления спускового устройства  $H_{сп} = 3,015$  м. При помощи электронных весов с погрешностью измерений равной 0,1 кг была определена масса груза (металлических дисков).

Место проведения эксперимента представляет собой часть пролёта лестницы внутри учебной пожарной башни, высотой 3-4 м; к одной из ступеней на высоте 3,5 м закреплён макет устройства. За коуш спасательной верёвки закреплён карабин, к которому прикреплен спусковой груз (металлические диски), находящийся на одной из ступенек лестницы. После установки устройства и груза на исходные позиции, спусковая стропа устройства присоединяется к спусковому грузу при помощи карабина пожарного (рис. 4).

Далее выполнялся поочерёдный спуск грузов различной массы с высоты  $H_{сп}$ . При помощи секундомера замерялось время спуска  $t$ . После чего, по формуле (1) [6] была вычислена скорость спуска  $V$ . Результаты испытаний приведены в табл. 2.

$$V = \frac{H_{сп}}{t} \quad (1)$$

Таблица 2

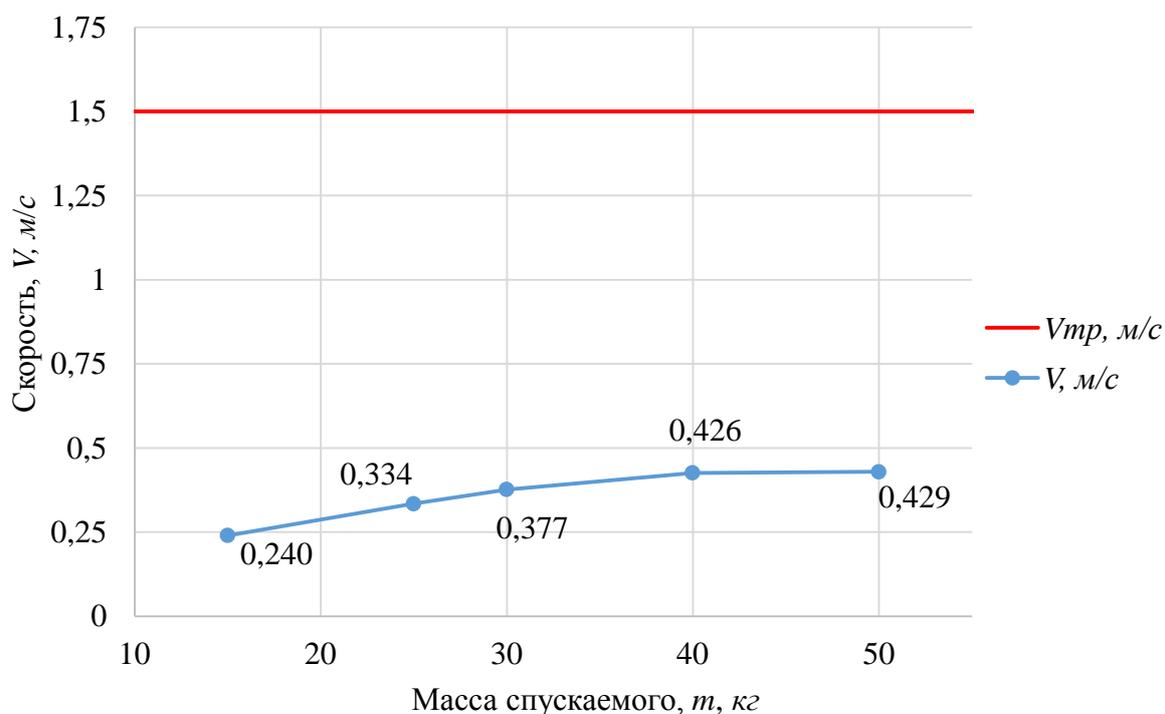
Результаты испытаний

№ п/п	$H_{сп}, м$	$m, кг$	$t, с$	$V, м/с$	$V_{тр}, м/с$	Выполнение условия безопасного спуска
1	3,015	15	12,578	0,240	Не более 1,5	+
2		25	9,014	0,334		+
3		30	8,004	0,377		+
4		40	7,083	0,426		+
5		50	7,026	0,429		+



**Рис. 4.** Описание места проведения эксперимента

После обработки данных построен график зависимости скорости спуска от массы спускаемого (рис. 5).



**Рис. 5.** Зависимость скорости спуска от массы спускаемого

Результаты проведённого исследования показали, что:

- скорость спуска при помощи новой модели специального технического устройства для эвакуации детей из верёвочных парков не превышает требуемую  $V_{mp} = 1,5 \text{ м/с}$ ;

- все узловые части (отдельные элементы) прототипа в совокупности работают слажено, каких-либо неисправностей при проведении эксперимента не выявлено;

- с целью сокращения времени спуска требуется доработка модели для обеспечения скорости спуска в диапазоне от 1 до 1,5 м/с;

- разработка спускового устройства на основании нового прототипа является перспективной задачей с гарантированным положительным результатом и эффектом.

Важно отметить, что использование теории решения изобретательских задач, позволившей сформулировать гипотезу (условие решения), является эффективным методом решения научных и практических задач в области обеспечения пожарной безопасности.

#### Литература

1. Дроздов Д. А., Ягодка Е. А. Специальное техническое устройство для эвакуации детей из верёвочных парков // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2020. № 1. С. 60-65. <https://doi.org/10.25257/FE.2020.1.60-65>

2. Дроздов Д. А., Ягодка Е. А. Устройство для эвакуации детей из верёвочных парков// Матер. VIII междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов "Проблемы техносферной безопасности – 2019". М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. С. 169-175.

3. Реброва И. А. Теория планирования эксперимента: учебн. пос. Омск: СибАДИ, 2016. 108 с.

4. Петров В. М. Теория решения изобретательских задач – ТРИЗ: учебник по дисциплине "Алгоритмы решения нестандартных задач". М.: СОЛОН-Пресс, 2017. 500 с.

5. Альтиуллер Г. С. Алгоритм изобретения. 2-е изд., испр. и доп. М.: Моск. рабочий, 1973. 296 с.

6. Сахарова С. Г., Зарубин В. П., Колобов М. Ю. Теоретическая механика. Статика: учеб. пособие. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т., 2013. 84 с.

Материал поступил в редакцию 10 декабря 2020 г.; принят к публикации 29 марта 2021 г.

**E. A. Yagodka, D. A. Drozdov**  
(Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
e-mail: d.a.drozdov97@mail.ru)

## DEVELOPMENT AND EXPERIMENTAL TESTING OF SPECIAL TECHNICAL DEVICES FOR EVACUATION OF CHILDREN FROM ROPE PARKS

### ABSTRACT

**Introduction.** The paper describes the results of a model experiment to test the performance of a special technical device for descending children from the height of the rope Park route, the theoretical model of which was previously proposed by the authors. Taking into account the results of the experiment and using the theory of solving inventive tasks, a model of a new trigger device was developed and tested.

**Goals and objectives.** The main purpose of the study is to check the functioning of the trigger device with previously defined required parameters, including an assessment of the performance of the brake mechanism, checking the required descent speed, as well as a preliminary assessment of the reliability of a special technical device.

**Methods.** The research used well-known scientific methods: analysis, synthesis, field experiment, theory of inventive problem solving, graph theory.

**Results and discussion.** The results of the study showed that the previously proposed device can be used for timely evacuation of children, but it requires design improvements to increase its versatility – to ensure that it can be used for lowering children weighing from 15 to 40 kg. Tests of the new model of the device have shown its effectiveness and the possibility of using it for descending children of various weights at the required safe speed. At the same time, all the nodal parts of the device function coherently, and no malfunctions were detected either during or after the experiment.

**Conclusion.** It was found as a result of the study that the development of a trigger device based on a new model is a promising task with a guaranteed positive result. Using the theory of solving inventive tasks allows us to increase the efficiency of creative activity and minimize the cost of finding the "right" solution.

**Key words:** rope park, descent device, evacuation, experiment, physical model, theory of solving inventive problem.

**For citation:** Yagodka E. A., Drozdov D. A. Development and experimental testing of special technical devices for evacuation of children from rope parks. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, 2021, vol. 1 (91), pp. 33-41 (in Russian). <https://doi.org/10.25257/TTS.2021.1.91.33-41>

## References

1. Drozdov D. A., Yagodka E. A. Special technical device for evacuating children from rope parks. *Pozhary i chrezvychaynye situatsii: predotvrashchenie, likvidatsiya / Fire and emergencies: prevention, elimination*, 2020, no. 1, pp. 60-65 (in Russian). <https://doi.org/10.25257/FE.2020.1.60-65>
2. Drozdov D. A., Yagodka E. A. A device for the evacuation of children from rope courses. *Mater. VIII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh i spetsialistov "Problemy tekhnosfernoy bezopasnosti – 2019"* [Proceed. of VIII International Scientific and Practical Conference young scientists and specialists "Technosphere safety problems – 2019"]. Moscow, Academy of State Fire Service of Emercom of Russia Publ., 2019, pp. 169-175.
3. Rebrova I. A. *Teoriya planirovaniya eksperimnta: uchebn. pos.* [Theory of experiment planning: textbook]. Omsk, SibADI Publ., 2016, 108 p.
4. Petrov V. M. *Teoriya resheniya izobretatel'skikh zadach – TRIZ: uchebnik po distsipline "Algoritmy resheniya nestandartnykh zadach"* [Theory of solving inventive problems – TSIP: textbook on the discipline "Algorithms for solving non-standard problems"]. Moscow, SOLON-Press Publ., 2017, 500 p.
5. Altshuller G. S. *Algoritm izobreteniya* [Algorithm of invention]. Moscow, Moskovskiy rabochiy Publ., 1973, 296 p.
6. Sakharova S. G., Zarubin V. P., Kolobov M. Yu. *Teoreticheskaya mekhanika. Statika: ucheb. posobie* [Theoretical mechanics. Statics: study. manual]. Ivanovo, Ivanovo State University of Chemistry and Technology, 2013, 84 p.

Received December 10, 2021; accepted March 29, 2021

## Информация об авторах

ЯГОДКА Евгений Алексеевич  
канд. техн. наук, доцент; заместитель  
начальника учебно-научного комплекса –  
начальник кафедры надзорной деятельности  
учебно-научного комплекса организа-  
ции надзорной деятельности; Академия  
Государственной противопожарной служ-  
бы МЧС России, г. Москва, улица Бориса  
Галушкина, 4; ORCID ID 0000-0002-0234-  
8591; РИНЦ Author ID: 760900; e-mail:  
e.a.yagodka@mail.ru

ДРОЗДОВ Дмитрий Александрович  
слушатель факультета руководящих кад-  
ров; Академия Государственной противопо-  
жарной службы МЧС России, г. Москва,  
улица Бориса Галушкина, 4; ORCID ID  
0000-0001-6984-6395; РИНЦ SPIN-код:  
6357-1625; e-mail: d.a.drozdov97@mail.ru

## Information about the authors

YAGODKA Evgeniy Alekseevich  
Candidate of technical Sciences, Associate  
Professor; Deputy Head of Educational-  
Scientific Complex – Head of the Department  
of Supervisory Activities of the Research  
Complex Organization of Supervisory Activi-  
ties; Academy of State Fire Service  
of EMERCOM of Russia; Russian Federation,  
Moscow, Borisa Galushkina St., 4; ORCID  
ID: 0000-0002-0234-8591; RSCI Author ID:  
760900; e-mail: e.a.yagodka@mail.ru

DROZDOV Dmitriy Aleksandrovich  
Student of the Faculty of Management  
Personnel; Academy of State Fire Service  
of EMERCOM of Russia; Russian Federation,  
Moscow, Borisa Galushkina St., 4; ORCID ID  
0000-0001-6984-6395; RSCI SPIN code:  
6357-1625; e-mail: d.a.drozdov97@mail.ru