

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 621.86

doi: 10.30987/2782-5957-2025-12-23-30

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ЛОВИТЕЛЯ ЛИФТА

Любовь Александровна Сладкова^{1✉}, Ван Инь²

^{1,2} Российский университет транспорта, Москва, Россия

¹ rich.cat2012@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0008-6786-0386>

² chuan_wy@126.com

Аннотация

Задача: предлагаемая усовершенствованная конструкция ловителя представляет собой шарнирно-сочлененный механизм, который отличается простотой изготовления и обслуживания и приводится в действие автоматически за счет внутренних усилий, возникающих в стержнях системы. В рабочем режиме устройство представляет собой жесткую конструкцию и усилия, возникающие в элементах конструкции не позволяют ей терять жесткость, которая обеспечивается работой пружин. При обрыве каната усилия в элементах конструкции снижаются, что ведет к «складыванию» шарнирно-сочлененной системы. Надежная работа предлагаемого устройства обеспечивается за счет обоснованного выбора геометрических параметров рассматриваемой конструкции, исходя из начальных условий, обеспечивающих работу лифта: рабочей скорости опускания, как самого невыгодного положения при обрыве каната

Методы исследования: решение задачи заключалось в выборе параметров ловителя исходя из размеров лифтовой кабины, размеров шахты и массы лифта.

Новизна работы: проведенное теоретическое исследование траектории движения элементов

предлагаемого устройства, определение перемещения отдельных точек стержней, отвечающих за скорость раскрытия системы при обрыве каната, позволили получить математические модели для последующей оценки работы предлагаемого устройства для всех типов лифтов.

Результаты исследования: апробация полученных моделей позволила определить, что время падения до момента раскрытия предлагаемого ловителя, предотвращающее дальнейшее перемещение кабины лифта в шахте равно около 0,5 с при условии, что рабочая скорость лифта равна 1 м/с. Расстояние, на которое опустится лифт составит 1,237 м.

Выводы: проведенные исследования позволили предложить методику расчета параметров ловителя лифта предлагаемой конструкции исходя из условий габаритных размеров лифта, размера шахты и усилий, возникающих в элементах конструкции.

Ключевые слова: методика, конструкция, ловитель, лифт, параметры, скорость, анализ, математическая модель.

Ссылка для цитирования:

Сладкова Л.А. Методика расчета параметров ловителя лифта / Л.А. Сладкова, Ван Инь // Транспортное машиностроение. – 2025. - № 12. – С. 23-30. doi: 10.30987/2782-5957-2025-12-23-30.

Original article

Open Access Article

DESIGN PROCEDURE OF THE ELEVATOR CATCHER PARAMETERS

Lyubov Aleksandrovna Sladkova^{1✉}, Wang Yin²

^{1,2} Russian University of Transport, Moscow, Russia

¹ rich.cat2012@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0008-6786-0386>

² chuan_wy@126.com

Abstract

Objective: the proposed improved catcher design is an articulated mechanism that is easy to manu-

facture and maintain and is activated automatically due to internal forces generated in the rods of the system. In

operating mode, the device is a rigid structure and the forces arising in the structural elements do not allow it to lose its rigidity, which is ensured by the operation of the springs. When the rope breaks, the forces in the structural elements decrease, which leads to the "folding" of the articulated system. Reliable operation of the proposed device is ensured by a reasonable choice of geometric parameters of the structure in question, based on the initial conditions that ensure the operation of the elevator: the operating lowering speed, as the most unfavorable position in case of rope breakage.

Research methods: the solution to the problem is to select the parameters of the catcher based on the size of the elevator cabin, the size of the shaft and the weight of the elevator.

The novelty of the work: the theoretical study of the trajectory of the proposed device elements, the determination of the movement of some rod points responsible for the rate of the system opening in case of

rope breakage allowed to obtain mathematical models for subsequent evaluation of the proposed device for all types of elevators.

Study results: the approbation of the obtained models made it possible to determine that the fall time to the moment of the proposed catcher opening, which prevents further movement of the elevator cabin in the shaft, is about 0.5 s, provided that the operating speed of the elevator is 1 m/s. The distance to which the elevator will descend will be 1.237 m.

Conclusions: the conducted research allowed to propose the design procedure of the parameters of the elevator catcher based on the conditions of the overall dimensions of the elevator, the size of the shaft and the forces arising in the structural elements.

Keywords: technique, construction, catcher, elevator, parameters, speed, analysis, mathematical model.

Reference for citing:

Sladkova LA, Wang Yin. Design procedure of the elevator catcher parameters. *Transport Engineering*. 2025;12:23-30. doi: 10.30987/2782-5957-2025-12-23-30.

Введение

Лифты являются неотъемлемой частью нашей повседневной действительности. Выход их из строя, вызванный даже незначительными поломками ведет к их остановке, вызывающий неудобства у жильцов домов, связанный с подъемом людей до своих квартир. Поломки более значимые, (аварии) при которых происходит, обрыв каната случаются не очень часто, но это, как всегда, сопровождается человеческими жертвами [1, 2].

Отметим, что коэффициент запаса прочности каната и удерживающих элементов принимается равным не менее 8.

Для предотвращения падения лифта в шахту при обрыве каната на лифтах устраивают предохранительные устройства, работающие по принципу заклинивания лифта в шахте при помощи различных клиновых и эксцентриковых устройств [3, 4, 5, 6, 7, 8], которые не всегда не успевают

сработать [9] при падении, например, с высоты третьего этажа.

Одно из требований безопасности лифта, регламентированным ГОСТ [10] является установка устройства (ловителя), предназначенного для остановки и удержания на направляющих шахты движущуюся кабину «даже в случае обрыва» каната подъема лифта. При этом устройство безопасности должно приводиться в действие автоматически. Механизм ловителя, как правило, закреплен в лифтовой шахте, что не всегда удобно при проведении работ, связанных с обслуживанием лифта.

Для исключения указанного недостатка предлагается система безопасности, состоящая из шарнирно-сочлененной системы, которая срабатывает автоматически при обрыве каната. В основу устройства положены основные законы теоретической и строительной механики шарнирно-сочлененных систем.

Устройство безопасности лифта (ловитель) и принцип его действия

Из сказанного выше задача усовершенствования систем безопасности лифта (рис. 1) очевидна.

Устройство обеспечения безопасности лифта работает следующим образом (рис. 1б), включающее канат 1 подъема кабины лифта, соединенного с верхней ча-

стью (крышей) кабины лифта 2. При обрыве каната 1 подъема кабины 2 лифта усилия в двухзвенниках 18 и 19 снижаются, что ведет к изменению положения всех стержней устройства за счет их поворота относительно сопряженных с ними шарниров, занимая шахтное пространство в

точках опоры шарнирами 10 и 14, 11 и 15, соответственно. При этом скорость срабатывания системы и невозврата в исходное положение обеспечивается пружинами 18 и 19 за счет их растяжения в аварийной

ситуации (обрыве каната) и пружинами сжатия 22 и 23 за счет их сжатия, обеспечивая прочное закрепление на стенках шахты (условно не показана).

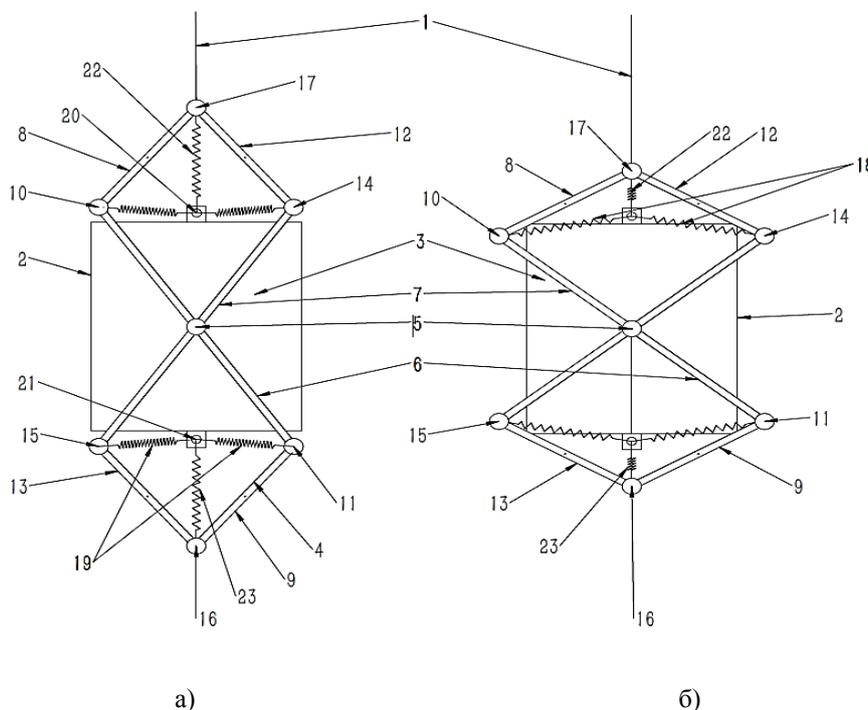


Рис. 1. Схемы ловителя: а – в рабочем; б – в аварийных состояниях
 Fig. 1. Catcher schemes: a – in the worker; b – in emergency conditions

В безаварийной ситуации (рис. 1а) устройство представляет собой жесткую конструкцию в соответствии с основными положениями строительной механики [11]. При этом напряжения (усилия), возникающие в двухзвенниках 18 и 19 не позволяют конструкции терять жесткость, которая также обеспечивается работой пружин 18 и 19 при их растяжении и 21, 23 при сжатии.

В случае аварии (обрыва каната), (рис. 1б) напряжения (усилия), приходящиеся в шарнирных двухзвенниках 18 и 19 снижаются, что ведет к «складыванию» шарнирных четырехзвенников, предотвращая падение кабины в шахту.

Предлагаемое техническое решение позволяет повысить надежность безопасности лифтов в процессе эксплуатации.

Оценим изменение скорости падения лифта в шахту после обрыва каната, до момента срабатывания пружин и вхождение их в зацепление со стенками шахты.

За время падения лифт переместится из точки А в точку В на расстояние h (рис. 2).

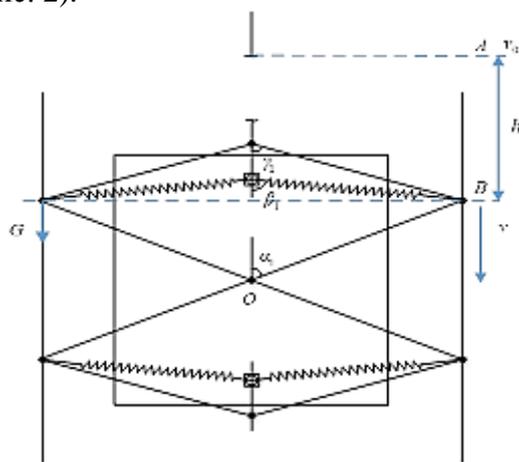


Рис. 2. Схема перемещения лифта в шахте
 Fig. 2. Scheme of elevator movement in the shaft

В самом невыгодном положении, когда скорость v_B его падения до момента зацепления будет максимальной можно определить по зависимости:

$$v = v_0 + v_1.$$

Здесь v_B – скорость в момент зацепления лифта, м/с; v_0 – рабочая скорость лифта, м/с; v_1 – скорость лифта при падении на высоту h , м/с.

Скорость падения лифта в этот момент скорости будет свободной и ее падение на высоту h ее можно определить по формуле [12]

$$v_1 = \sqrt{2gh}.$$

Методика расчета параметров ловителя

Исследуем движение точки D во время обрыва каната, представив ее в виде модели (рис. 3). Для этого рассмотрим промежуточное положение пружины.

Точка D начинает перемещаться по стержню, как по направляющей и одновременно перемещаться вниз под действием ускорения свободного падения. Точки, принадлежащие стержню CB вместе с пружиной, совершают сложное движение, т. е. каждая их точка участвует в относительном движении. В этом случае переносные скорость и ускорение точки D будут направлены параллельно оси y . Пусть углы между стержнями ловителя в момент зацепления равны α_1 , β_1 и γ_1 (рис. 2).

В рассматриваемом случае (рис. 3) к точке D приложен вес G левой части лифта, реакция пружины P , сила инерции P_N , направленная в сторону, противоположную направлению переносной скорости a_D , сила трения $F_{тр}$, возникающая между внутренней поверхностью пружины и стержнем и, направленная в сторону противоположную направлению движения пружины.

Исходя из рис. 3 уравнение относи-

$$m\ddot{x} = -mg \cos \beta_1 + c(x - l_{3,0}) + \mu g \sin \beta_1, \quad (1)$$

где m – масса лифта, кг; c – жесткость пружины, Н/м; x – расстояние от точки В до С, м; $l_{3,0}$ – расстояние от произвольной точки D до точки С, м.

Приведем уравнение (1) к виду:

$$\ddot{x} + \frac{c}{m}(x - l_{3,0}) = -g \cos \beta_1 + \mu g \sin \beta_1.$$

Или

$$\ddot{x} + \omega^2 x = \omega^2 l_{3,0} - G \cos \beta_1 + \mu g \sin \beta_1. \quad (2)$$

Здесь

$$\frac{c}{m} = \omega^2, \quad (3)$$

где ω – циклическая частота, c^{-1} .

Лифт в шахте в момент обрыва находится в состоянии равномерного прямолинейного движения, следовательно, в этот момент времени его ускорение будет равно нулю, а горизонтальная составляющая ускорения пружины в произвольный момент времени (точка D) будет определена из полной и абсолютной скоростей ее движения (рис. 2).

тельного движения точки D , принадлежащей пружине будет иметь вид:

$$ma_D = -G \cos \beta_1 + P + \mu N_1,$$

где a_D – переносное ускорение точки D ; $N_1 = G \sin \beta_1$ – нормального давления на стержень от веса груза G ; μ – коэффициент трения пружины по стержню.

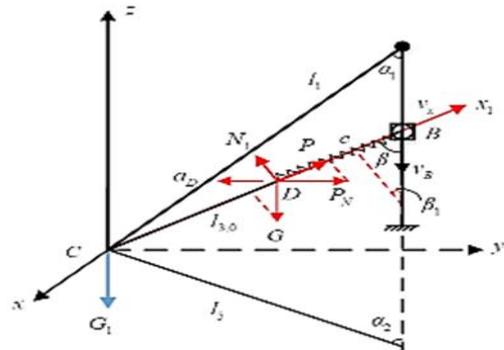


Рис. 3. Модель работы ловителя в момент обрыва каната

Fig. 3. Model of the catcher at the time of rope break

Рассмотрим данное уравнение в проекции на ось x

Полное решение уравнения будем искать в виде [13]

$$x = x_1 + x_2, \quad (4)$$

где x_1 – общее решение однородного дифференциального уравнения.

$$x_1 = C_1 \cos \omega t + C_2 \sin \omega t, \quad (5)$$

Частное решение x_2 определим, приняв $x_2 = B$.

Тогда из уравнения (1) получим

$$B = x_2 = \frac{\omega^2 l_{3,0} - g \cos \beta_1 + \mu g \sin \beta_1}{\omega^2} \quad (6)$$

Подставим выражения (2) и (6) в (3) найдем полное решение уравнения (2)

$$x = C_1 \cos \omega t + C_2 \sin \omega t + l_{3,0} - \frac{g(\cos \beta_1 - \mu \sin \beta_1)}{\omega^2}. \quad (7)$$

Постоянные интегрирования определим исходя из начальных условий. Для этого определим скорость перемещения точки по оси x .

$$\dot{x} = -\omega C_1 \sin \omega t + \omega C_2 \cos \omega t. \quad (8)$$

Введем начальные условия

При $t=0$, величина $x = l_{3,0}$; $\dot{x} = v_B G \cos \beta_1 = \sqrt{2gh} \cos^2 \beta_1$.

$$x = \frac{G \cos \beta_1}{\omega^2} \cos \omega t + \frac{v_0 + \sqrt{2gh} \cos^2 \beta_1}{\omega} \sin \omega t + l_{3,0} - \frac{g(\cos \beta_1 - \mu \sin \beta_1)}{\omega^2}. \quad (11)$$

Соответственно скорость в точке D будет равна

$$\dot{x} = -\omega \left(\frac{G \cos \beta_1}{\omega^2} \sin \omega t - \frac{v_0 + \sqrt{2gh} \cos^2 \beta_1}{\omega} \cos \omega t \right). \quad (12)$$

Введем обозначения

$$a = \frac{G \cos \beta_1}{\omega^2}; \quad b = \frac{v_0 + \sqrt{2gh} \cos^2 \beta_1}{\omega}; \quad d = l_{3,0} - \frac{G \cos \beta_1 - \mu \sin \beta_1}{\omega^2}. \quad (13)$$

Тогда уравнение (11) будет иметь вид:

$$x - d = a \cos \omega t + b \sin \omega t. \quad (14)$$

Используя тригонометрические формулы приведения, исследуем уравнение (14) при $x = 0$.

Тогда

$$C_1 = \frac{G \cos \beta_1}{\omega^2}; \quad (9)$$

$$C_2 = \frac{v_0 + \sqrt{2gh} \cos^2 \beta_1}{\omega} \quad (10)$$

С учетом (9) и (10), определим уравнение перемещения точки D пружины:

$$x - d = a \frac{1 - \operatorname{tg}^2 \frac{\omega}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\omega}{2}} + b \frac{2 \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\omega}{2}}. \quad (15)$$

Или

$$x - d = \frac{a - a \operatorname{tg}^2 \frac{\omega}{2} + 2b \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\omega}{2}}. \quad (16)$$

После математических преобразований, получим:

$$\begin{aligned} x + x \operatorname{tg}^2 \frac{\omega}{2} - d - d \operatorname{tg}^2 \frac{\omega}{2} + a \operatorname{tg}^2 \frac{\omega}{2} - 2b \operatorname{tg} \frac{\omega}{2} - a &= 0. \\ (x - d + a) \operatorname{tg}^2 \frac{\omega}{2} - 2b \operatorname{tg} \frac{\omega}{2} + (x - d - a) &= 0. \end{aligned} \quad (17)$$

Пусть

$$\begin{aligned} e &= x - d + a; \\ k &= x - d - a. \end{aligned} \quad (18)$$

Тогда из уравнения (17) получим:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \frac{\omega t}{2} &= \frac{2b \pm \sqrt{4b^2 - 4ek}}{2e} = \\ &= \frac{2b \pm \sqrt{4b^2 - 4[(x-d) - a^2]}}{2e}, \end{aligned} \quad (19)$$

где t – время падения лифта и, соответственно время раскрытия пружины, с.

Анализ работы конструкции

Из [4] известно, что рациональный угол $\beta = 60^\circ$. Но в момент срабатывания ловителя угол β меняется до величины $\beta_1 \in (60; 90)^\circ$.

Исследуем уравнение (18), подставив значения выражений (13). Очевидно, что

$$\frac{(v_0 + \sqrt{2gh} \cos^2 \beta_1)^2}{\omega^2} - h(x - l_{3,0}) = \frac{(v_0 + \sqrt{2gh} \cos^2 \beta_1)^2}{\omega^2} - hL \geq 0, \quad (20)$$

где $L = x - l_{3,0}$ – длина пружины, которую выбираем по ГОСТ [14].

Или с учетом (3) сможем определить время этого падения.

$$\frac{m(v_0 + \sqrt{2gh} \cos^2 \beta_1)^2}{c} - hL \geq 0. \quad (21)$$

значение под радикалом должно быть больше нуля.

Используя введенные обозначения (13), определим величину выражения под знаком радикала

Откуда определим предварительно высоту h падения лифта:

Тогда зная скорость лифта в момент его падения до раскрытия устройства с учетом величины h можно определить время свободного падения.

Из выражения (19) определим время, за которое может упасть лифт, предварительно определив значения введенных величин b , e , k по зависимостям (13) и (18).

Расчеты, проведенные по зависимостям (19), и (21) показали, что время t па-

дения до момента раскрытия пружины равно 0,3974 с при условии, что рабочая скорость лифта равна 1 м/с. Расстояние h на которое опустится лифт составит 1,237 м.

Выбор параметров элементов конструкции ловителя

Рассмотрим методику выбора параметров ловителя (рис. 4) в зависимости от типа кабины, ориентируясь на параметры высоты H , ширины b (со стороны крепления ловителя) и ширину лифта B .

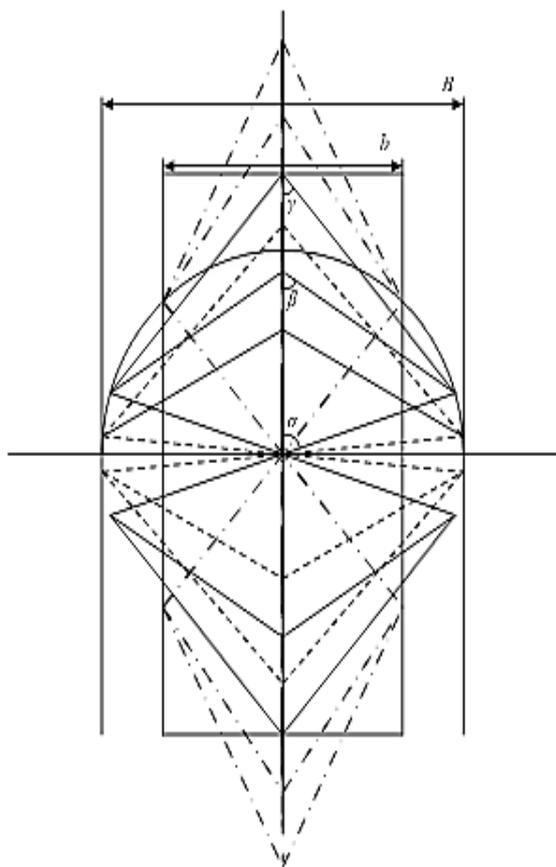


Рис. 4. Схема работы ловителя
Fig. 4. Diagram of the catcher

Очевидно, что в момент раскрытия устройства для стопорения кабины в шахте лифта, длина звена 1 должна быть не меньше ширины шахты лифта, т.е. $B/2$ (показано пунктиром). Положения других звеньев и их длины выбираем по зависимостям в зависимости от углов β и γ .

$$\beta = \arccos \frac{1}{2} = 60^\circ; \quad (22)$$

$$\gamma = \arccos \frac{P}{2S}; \quad (23)$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{c-\sqrt{3}}{2\sqrt{1+c^2}}\right) - \arctg c. \quad (24)$$

Здесь S – усилие в i -м стержне, H ; P – усилие в канате, H ; $\frac{\sqrt{1-a^2}}{a} = c$, где $a = \cos \gamma$.

При этом необходимо учитывать тот факт, что звено 1 в процессе раскрытия будет перемещаться по окружности.

При создании конструкции ловителя также следует учитывать геометрические параметры кабины лифта и шахты лифта. Для безопасного движения кабины лифта, снабженного предлагаемым устройством, необходимо, чтобы элементы конструкции в рабочем состоянии лифта не соприкасались со стенками шахты лифта и не выходили за пределы кабины лифта по высоте.

Положения ловителя при выбранном значении длины звена 1, видно, что заданные выше условия зависят от углов α , β и γ . Изменение углов α , β и γ в различных положениях ловителя в шахте при обрыве каната приведены в таблице.

Таблица

Изменение углов α , β и γ в различных положениях ловителя в шахте при обрыве каната

Table

Changing the angles of α , β and γ in different positions of the catcher in the shaft when the rope breaks

Угол / Angle	Обозначение линии на рис. 4 / The line designation in Fig. 4		
	Пунктир / Dotted line	Сплошная / Solid	Штрихпунктирная / Dashed
α	85,80	72,56	41,49
β	62,31	58,00	36,08
γ	43,87	41,58	27,44

Полученные результаты совпадают с численных экспериментом [4]. Величина относительной погрешности вычислений составляет $2/60 = 0,033$. Вариант, выполненный штрихпунктирной линией, выходит за пределы высоты кабины, что может нарушать работу кабины на первом и последнем этажах. Более того точка, обеспечивающая раскрытие механизма удалена на большее расстояние, чем все предыдущие варианты. Анализ рис. 4 показывает, что выбор параметров лифта должен вестись из условия минимизации выполнения условия:

$$\alpha + \beta \rightarrow \min. \quad (25)$$

При этом должны соблюдаться не только условия минимизации усилий в стержнях системы, но размеры конструкции, обеспечивающие ее рациональное размещение на кабине лифта, т.е. исключе-

Выводы

Проведенные исследования позволили предложить методику расчета параметров ловителя лифта предлагаемой кон-

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лифты всё же иногда падают. [Интернет ресурс] URL: <https://www.techinsider.ru/technologies/1588857-kak-lifty-zashchishchayut-ot-padeniya>.
2. Технические регламент таможенного союза. ТР ТС 011/2011. [Интернет ресурс] URL: <http://mos.gosnadzor.ru/about/documents.pdf>.
3. Судакова В.А., Гуков М.Г. Ловители двухстороннего действия плавного торможения как одно из направлений повышения безопасности и комфортности пассажирских лифтов // Вестник Белорусско-Российского университета. Механика и машиностроение. 2019, № 4 (65). С. 66-73.
4. Сладкова Л.А., Ван Инь. Теоретические исследования устройства обеспечения безопасности лифтов (ловителей) // Известия ТулГУ (технические науки), Тула, 2025, № 1. – С. 344-355.
5. Куцеполенко А.В., Антоневиц А.И., Непша Д.В. Современные средства обеспечения безопасности во время движения кабины лифта вверх и при ее остановке в этажной площадке // Наука и техника. 2023. Т. 22, № 6. С. 460-469.
6. Patent No EA 201700417 (A1). De-vice for Pulley Blocking / V. F. Komoza, O. A. Dobrinovich, S. V. Pavlov, I. N. Bala-banov. Publ. date 31.01.2019. Mode of access: [Electronic resource]: <https://ru.espacenet.com/publicationDetails/bib>.
7. Патент RU 2735336 C1. Способ механической блокировки движения кабины лифта с открытыми кабинными дверями и устройство для его

осуществления / А.Г. Данилов. Оpubл. 15.10.2020. Бюл. 36.

$$S = \frac{P \sin(\alpha + \gamma)}{2 \cos \gamma \sin(\alpha + \beta)}, \quad (26)$$

где P – сила тяжести кабины в момент отрыва, H ; α , β и γ – углы, между стержнями конструкции (рис. 1). Расчеты показали, что пружины для обеспечения работы ловителя необходимо ставить две параллельно расположенные пружины, что позволит их выбрать в диапазонах длины, обеспечивающих габариты кабины лифта.

струкции, исходя из условий его габаритных размеров, размера шахты и усилий, возникающих в элементах конструкции.

8. Патент RU 2740226 C1. Способ механической блокировки движения кабины лифта с открытыми кабинными дверями / А.Г. Данилов. Оpubл. 12.09.2021, Бюл. 34.
9. Система безопасности лифта. [Интернет ресурс] URL: <https://ziplift.ru/company/articles/sistema-bezopasnosti-lifta/>.
10. ГОСТ Р 53780-2010. Лифты. Общие требования безопасности к устройству и установке. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 81 с. (Введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 марта 2010г. №41-ст.).
11. Доценко И.С. Строительная механика: Учебное пособие для вузов. Киев, Вища школа, 1976г. 296с.
12. Трофимова Т. И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. - М.: Издательский центр «Академия», 2006. - 560 с. ISBN 5-7695-2629-7.
13. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. – М.: Наука, 1976. – 704 с.
14. ГОСТ Р 50753-95. Пружины винтовые цилиндрические растяжения и сжатия из специальных сталей и сплавов. Общие технические условия - М.: Гостандарт России. – 1995. – 37 с.

15. ГОСТ 5746-2017 (ISO 41900-1:2010). Лифты пассажирские. Основные параметры и размеры.

М.: Стандарт информ, 2016. 24 с., 1966. 872 с.

REFERENCES

1. Elevators still fall sometimes. [Internet]. [place unknown]. Available from: <https://www.techinsider.ru/technologies /1588857-kak-lifty-zashchishchayut-ot-padeniya>.
2. Technical regulations of the Customs Union. TR CU 011/2011. [Internet]. [place unknown]. Available from: <http://mos.gosnadzor.ru /about/ documents.pdf>.
3. Sudakova VA, Gukov MG. Catchers of two-sided action of smooth braking as one of the directions to increase safety and comfort of passenger elevators. Vestnik of Belarusian-Russian University. Mechanics and Mechanical engineering. 2019;4(65):66-73.
4. Sladkova LA, Wang Yin. Theoretical studies of the device for ensuring the safety of elevators (catchers). Izvestiya TulGU. Technical Sciences. 2025;1:344-355.
5. Kutsepolenko AV, Antonevich AI, Nepsha DV. Modern means of ensuring safety during the upward movement of the elevator car and when it stops in the floor area. Science and Technique. 2023;22(6):460-469.
6. Komoza VF, Dobrinovich OA, Pavlov SV, Balabanov IN. RF Patent No EA 201700417 (A1). Device for Pulley Blocking [Internet]: 2019 Jan 31. Available from: <https://ru.espacenet.com/ publicationDetails/bib>.
7. Danilov AG. Patent RU 2735336 C1. Method for mechanically blocking the movement of an elevator car with open car doors and a device for its implementation. 2020 Oct 15.
8. Danilov AG. Patent RU 2740226 C1. Method for mechanically blocking the movement of an elevator car with open car doors. 2021 Sept 12.
9. Elevator security system. [Internet]. [place unknown]. Available from: <https://ziplift.ru /company/articles/sistema-bezopasnost-lifta/>.
10. GOST P 53780-2010. Safety rules for the construction and installations of lifts. Moscow: Standartinform; 2012.
11. Dotsenko IS. Construction mechanics: textbook for universities. Kiev: Vishcha Shkola; 1976.
12. Trofimova TI. Course of physics: textbook for universities. Moscow: Academiya; 2006.
13. Vygodsky MYa. Handbook of higher mathematics. Moscow: Nauka; 1976.
14. GOST P 50753-95. Cylindrical helical compression (extension) springs made of special steels and alloys, General specifications. Moscow: Gostandart of Russia; 1995.
15. GOST 5746-2017 (ISO 41900-1:2010). Lift (Elevator) installation. Moscow: Standartinform; 2016.

Информация об авторах:

Сладкова Любовь Александровна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Наземные транспортно-технологические средства», Российский университет транспорта, тел.+7(965)377-93-89.

Sladkova Lyubov Aleksandrovna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Ground Transport and Technological Facilities, Russian University of Transport, phone: +7(965)377-93-89.

Ван Инь – аспирант кафедры «Наземные транспортно-технологические средства», Российский университет транспорта, тел.+7(917)504-37-67.

Wang Yin – Postgraduate Student at the Department of Ground Transport and Technological Facilities, Russian University of Transport, phone:+7(917)504-37-67.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья опубликована в режиме Open Access.

Article published in Open Access mode.

Статья поступила в редакцию 22.09.2025; одобрена после рецензирования 10.10.2025; принята к публикации 27.11.2025. Рецензент – Анцев В.Ю., доктор технических наук, профессор Тульского государственного университета, член редсовета журнала «Транспортное машиностроение».

The article was submitted to the editorial office on 22.09.2025; approved after review on 10.10.2025; accepted for publication on 27.11.2025. The reviewer is Antsev V.Yu., Doctor of Technical Sciences, Professor of Tula State University, member of the Editorial Council of the journal *Transport Engineering*.