DOI: 10.53078/20778481_2021_4_26

УДК 621.876.1

*А. В. Куцеполенко, М. Э. Подымако, М. В. Соболев, В. А. Далимаев, Г. С. Синицын*

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ НАТЯЖНЫХ УСТРОЙСТВ КАНАТОВ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ СКОРОСТИ И ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К НИМ ПРИ КОМПЛЕКТАЦИИ ИМИ ЛИФТОВ БЕЗ МАШИННОГО ПОМЕЩЕНИЯ И С УМЕНЬШЕННЫМ ПРИЯМКОМ

*A. V. Kutsepolenko, M. E. Podymako, M. V. Sobolev, V. A. Dalimaev, H. S. Sinitsyn*

# COMPARATIVE ANALYSIS OF STRUCTURAL DIAGRAMS OF ROPE TENSIONING DEVICES FOR SPEED LIMITERS AND JUSTIFICATION OF REQUIREMENTS FOR THEM IN MACHINE ROOM-LESS ELEVATORS WITH A REDUCED PIT

**Аннотация**

Обоснованы требования, предъявляемые к натяжному устройству ограничителя скорости дополнительно к его основному назначению по обеспечению необходимого натяжения каната ограничителя скорости в связи с все более широким распространением лифтов без машинного помещения и уменьшенной глубиной приямка. Сформулировано понятие минимального вертикального габарита натяжного устройства, определяемое только диаметром шкива и его ходом, необходимым для выбирания вытяжки каната до момента, когда потребуется укорачивание каната. Проведен анализ конструктивных схем натяжных устройств и составлено техническое задание на разработку пружинного натяжного устройства, соответствующего всем вышесформулированным требованиям.

**Ключевые слова**:

лифт без машинного помещения, уменьшенный приямок лифтовой шахты, натяжное устройство каната ограничителя скорости, пружинное натяжное устройство, ход натяжного шкива, вертикальный габарит натяжного устройства.

**Для цитирования**:

Сравнительный анализ конструктивных схем натяжных устройств канатов ограничителей скорости и обоснование требований к ним при комплектации ими лифтов без машинного помещения и с уменьшенным приямком / А. В. Куцеполенко, М. Э. Подымако, М. В. Соболев, В. А. Далимаев, Г. С. Синицын // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2021. – № 4 (73). – С. 26–36.

**Abstract**

The paper substantiates the requirements for the speed limiter tensioner in addition to its main purpose of ensuring the required tension of the speed limiter rope due to the increasingly widespread use of elevators without a machine room and with a reduced pit depth. The concept of the minimum vertical dimension of the tensioning device is formulated, which is determined only by the diameter of the pulley and its travel, necessary for the compensation of the rope tension until the moment when the rope shortening is required. The analysis of the structural diagrams of the tensioning devices has been carried out and the technical specifications have been drawn-up for the development of a spring tensioning device that meets all the above stated requirements.

**Keywords**:

machine room-less elevators, reduced shaft pit, speed limiter rope tensioner, tension weights, spring tensioner, tension pulley travel, vertical dimension of the tensioning device.

© Куцеполенко А. В., Подымако М. Э., Соболев М. В., Далимаев В. А., Синицын Г. С., 2021

**For citation**:
Comparative analysis of structural diagrams of rope tensioning devices for speed limiters and justification of requirements for them in machine room-less elevators with a reduced pit / A. V. Kutsepolenko, M. E. Podymako, M. V. Sobolev, V. A. Dalimaev, H. S. Sinitsyn // The Belarusian-Russian university herald. – 2021. – № 4 (73). – P. 26–36.

## *Введение*

В настоящее время одним из перспективных направлений развития мировой лифтовой индустрии является использование лифтов без машинного помещения. Отсутствие машинного помещения экономит пространство и финансы, снижает трудоемкость проектирования здания, а также дает архитектору простор для фантазии. Преимущества таких лифтов обеспечивают их широкое применение в современных жилых и административных зданиях, отелях и коттеджах [1–3]. Модели лифтов без машинного помещения присутствуют практически у всех мировых производителей лифтов, например MonoSpace (KONE), GeN2 (OTIS) [4]. Фирма Thyssenkrupp предлагает потребителям лифт Synergy с высотой верхнего этажа не более 2600 мм и глубиной приямка 400 мм, что на 70 % меньше глубины традиционного приямка [2]. В последние годы ОАО «Могилевлифтмаш» в сотрудничестве с Объединенным институтом машиностроения Национальной академии наук Беларуси в рамках государственной научно-технической программы «Машиностроение и машиностроительные технологии» разработало и освоило производство лифта пассажирского без машинного помещения, с уменьшенными размерами шахты, приямка (400 мм) и верхнего этажа (2600 мм), грузоподъемностью 1000 кг с номинальной скоростью 1 м/с [1]. Современные темпы развития лифтостроения приводят к быстрому изменению традиционных понятий и традиционных требований к узлам лифтов [3]. В связи с отсутствием машинного помещения все лифтовое оборудование нужно размещать в лифтовой шахте, поэтому насыщенность приямка оборудованием существенно выросла. Ситуацию осложнило и то, что размеры самой шахты, верхнего этажа и приямка также были уменьшены по сравнению с типовыми лифтами. Поэтому конструкции многих узлов потребовали серьезной переработки с целью уменьшения занимаемого ими пространства. В том числе остро стояла проблема разработки натяжного устройства для уменьшенного приямка (400 мм). Для решения данной проблемы был проведен обзор известных конструктивных решений натяжных устройств, их анализ и сравнение по занимаемому пространству в приямке.

Натяжное устройство каната ограничителя скорости предназначено для обеспечения необходимого натяжения каната ограничителя скорости [5], что, в свою очередь, создаёт необходимую для включения ловителей силу трения между канатом и ручьём шкива ограничителя скорости (усилие протягивания). В состав любого натяжного устройства входят шкив, охватываемый канатом ограничителя скорости, и элементы, создающие в нем усилие натяжения [6–10].

В типовых конструкциях лифтов используется грузовое натяжное устройство (рис. 1), в котором усилие натяжения каната ограничителя скорости создаётся, в основном, весом груза 1, установленным на рычаге 2, шарнирно закрепленном на кронштейне 3, который в свою очередь при помощи прижимов 4 закреплен на лифтовой направляющей. Шкив 5 тоже установлен на рычаге 2, поэтому его вес также участвует в создании усилия натяжения каната, однако создаваемое им усилие значительно

меньше, чем создаваемое грузом 1. Натяжное устройство имеет лыжу 6, которая, при критической вытяжке или обрыве каната, взаимодействует с роликовым рычагом конечного выключателя 7, контакт которого заведён в электрическую цепь безопасности [5].

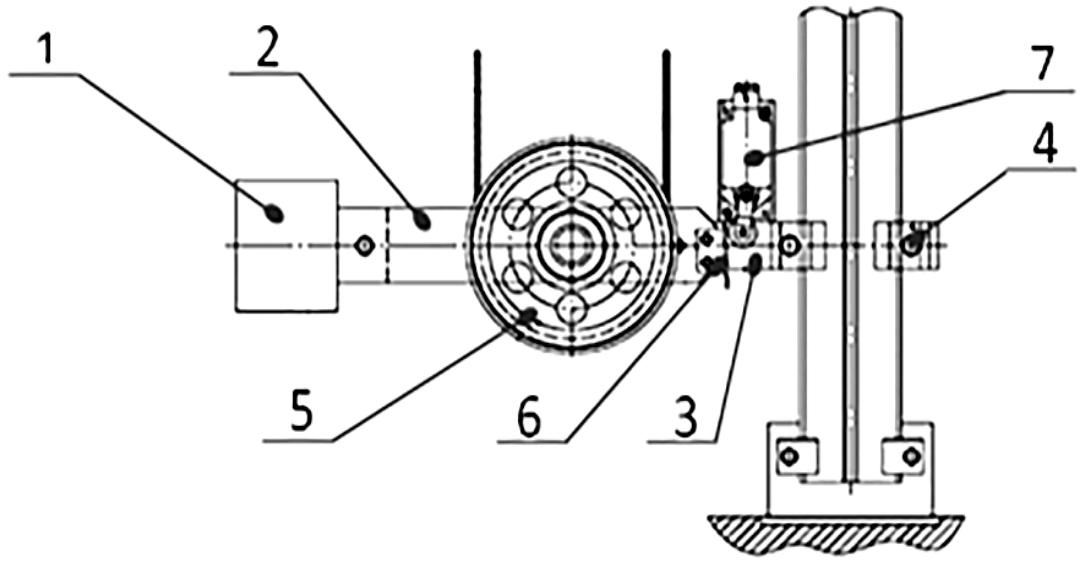



Рис. 1. Типовая конструкция грузового натяжного устройства: 1 – груз; 2 – рычаг; 3 – кронштейн; 4 – прижим; 5 – шкив; 6 – лыжа; 7 – выключатель

При критической вытяжке каната и, соответственно, срабатывании выключателя, разрывающего электрическую цепь безопасности, требуется произвести укорачивание каната. Чем большую вытяжку каната допускает конструкция натяжного устройства, тем реже требуется производить укорачивание каната и, соответственно, обслуживание натяжного устройства.

В большинстве случаев натяжное устройство каната ограничителя скорости располагается в приямке шахты лифта и, соответственно, его вертикальные габариты влияют на необходимую высоту приямка.

ОАО «Могилевлифтмаш», как и ведущие производители, стремится изготавливать лифты с все меньшей глубиной приямка. Очевидно, что для их производства требуется уменьшение габаритов всех узлов и устройств лифта, располагаемых в приямке, в том числе и натяжного устройства. Кроме того, в лифтах без машинного отделения все оборудование размещается внутри шахты и поэтому приямок становится все более насыщенным оборудованием, при этом должно оставаться место и для организации рабочего пространства обслуживающего персонала.

Существуют рычажные натяжные устройства, которые крепятся не на лифтовой направляющей, а на отдельно стоящей опоре, которая в свою очередь крепится к полу приямка. Примером такой конструкции может служить натяжное устройство 10.064.OA.SOP фирмы Gervall (рис. 2) [11].

По сравнению с рычажным натяжным устройством, которое крепится к лифтовой направляющей, натяжные устройства, корпус которых крепится к полу приямка, занимают меньшую площадь и имеют меньшее число исполнений.

Однако наиболее перспективными, с точки зрения минимальной зани-

маемой площади приямка, являются конструкции натяжных устройств со строго вертикальным перемещением шкива [9, 12]. Примером такой конструкции может служить натяжное устройство 10.064.ОС (или 10.065.ОС) фирмы Gervall (рис. 3) [12].

Данная конструкция занимает минимальную площадь в приямке, однако обладает значительным вертикальным габаритом, т. к. груз 5, создающий усилие натяжения каната, расположен под шкивом 4.

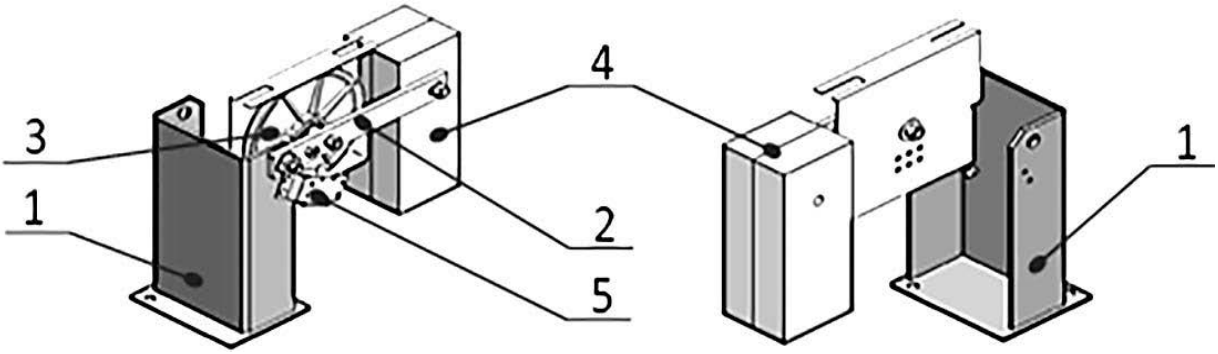



Рис. 2. Натяжное устройство 10.064.ОА.SOP фирмы Gervall: 1 – опора; 2 – рычаг; 3 – шкив; 4 – груз; 5 – выключатель

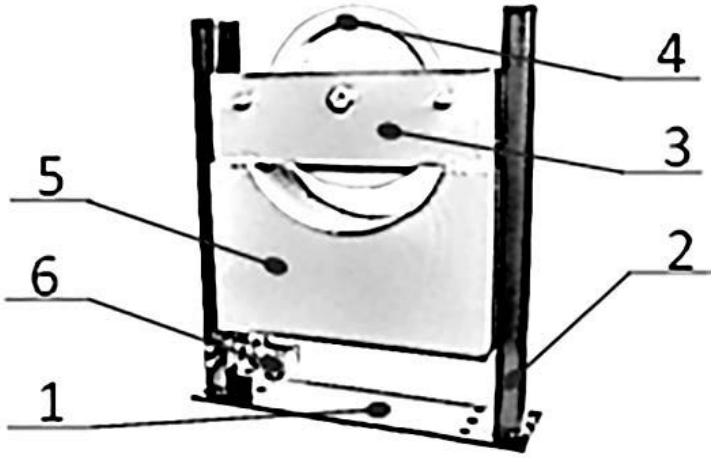



Рис. 3. Натяжное устройство 10.064.ОС фирмы Gervall: 1 – основание; 2 – направляющие; 3 – траверса; 4 – шкив; 5 – груз; 6 – выключатель

Конструкция пружинного натяжного устройства, в большинстве случаев, имеет меньшие вертикальные размеры, а также является менее материалоемкой по сравнению с грузовым натяжным устройством при одинаковом создаваемом ими усилии натяжения каната.

Общая конструктивная схема пружинного натяжного устройства с вертикальным перемещением шкива представлена на рис. 4.

В идеальном случае вертикальный размер пружинного натяжного устройства должен определяться только диаметром шкива и его перемещением (ходом шкива), необходимым для выбирания вытяжки каната до момента, когда потребуется его укорачивание, а также

зазором между шкивом в нижнем положении (при полностью вытянутом канате) и основанием корпуса натяжного устройства и толщиной деталей, из которых состоят основание корпуса и верхний кожух натяжного устройства.

$$Г\ (идеальный) = D + Хшк.полное + \Delta_1 + \Delta_2 + \sum S; \quad (1)$$

$$Хшк.полное = \Delta Lк/2;$$

$$\sum S = S_1 + S_2 + \ldots + Si,$$

где Г (идеальный) – вертикальный габарит «идеального» натяжного устройства; D – диаметр шкива; Хшк.полное – расстояние по вертикали между крайними верхним и нижним положениями шкива, необходимое для выбирания вытяжки каната до момента, когда потребуется его укорачивание; ΔLк – максимально допустимая величина вытяжки каната, при достижении которой требуется его укорачивание; $\Delta_1$ – зазор между нижним положением шкива при полностью вытянутом канате и основанием корпуса натяжного устройства; $\Delta_2$ – зазор между верхним рабочим положением шкива (до начала вытяжки каната) и горизонтальным кожухом натяжного устройства; ∑S – толщина деталей, из которых состоят основание корпуса и верхний кожух натяжного устройства; Si – толщина i-й детали натяжного устройства.

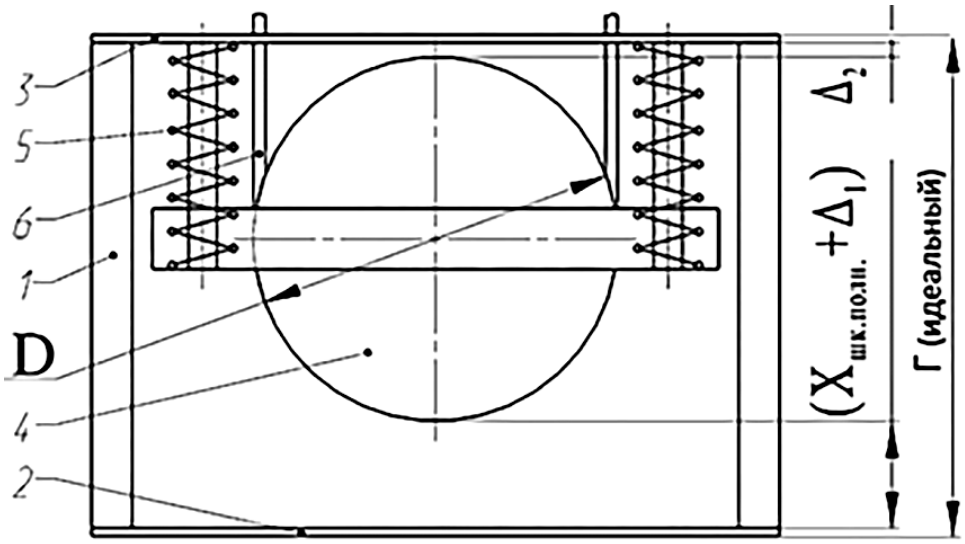



Рис. 4. Конструктивная схема пружинного натяжного устройства с вертикальным перемещением шкива: 1 – направляющая; 2 – основание; 3 – кожух; 4 – шкив; 5 – пружина; 6 – канат ограничителя скорости

Однако существуют конструкции пружинных натяжных устройств, в которых, как и в грузовых натяжных устройствах, рычаг, на котором закреплен шкив, поворачивается относительно кронштейна, который при помощи прижимов закреплен на лифтовой направляющей.

Примером такой конструкции может служить пружинное натяжное устройство турецкой компании Metroplast Lift (рис. 5) [13].

Данное натяжное устройство состоит из закрепленного при помощи прижимов на лифтовой направляющей кронштейна 1, на котором шарнирно закреплены рычаги 2 с установленным на них шкивом 3. Шкив 3 вращается на

оси 4. Между рычагами 2 и кронштейном 1 натянуты шесть пружин 5, которые создают усилие натяжения каната ограничителя скорости охватывающего шкив 3 натяжного устройства. На одном из рычагов 2 установлен кулачок 6, который, при критической вытяжке или обрыве каната, воздействует на ролик конечного выключателя 7, контакт которого заведён в электрическую цепь безопасности. Для восстановления работоспособности лифта необходимо вернуть натяжное устройство в первоначальное положение, в котором рычаги 2 должны располагаться в горизонтальной плоскости.

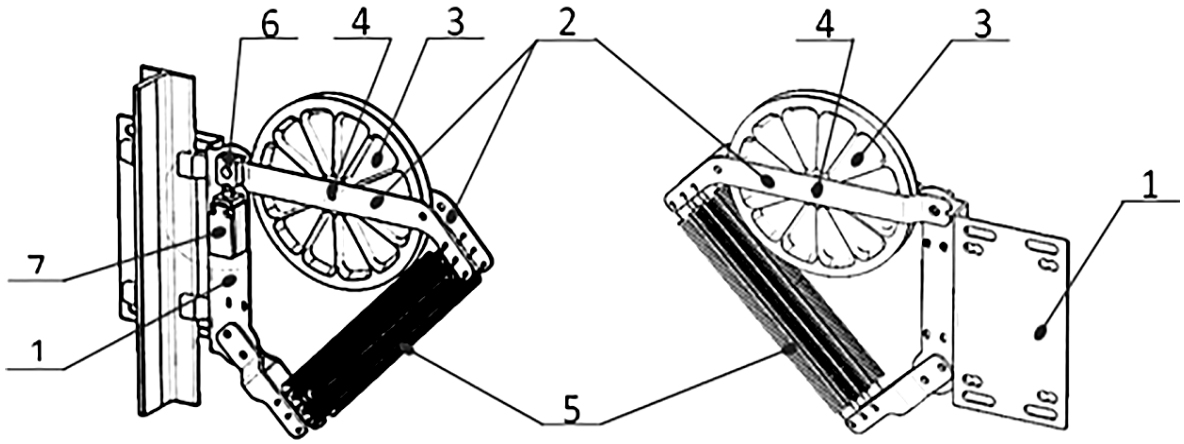



Рис. 5. Пружинное натяжное устройство фирмы Metroplast Lift: 1 – кронштейн; 2 – рычаги; 3 – шкив; 4 – ось; 5 – пружины; 6 – кулачок; 7 – выключатель

В таких конструкциях обусловленный вытяжкой каната поворот рычага, на котором закреплен шкив, не должен приводить к его контакту с оборудованием, расположенным в приямке, а соответственно, отклоняющийся от вертикали канат не должен касаться элементов кабины и оборудования, расположенного в шахте. Таким образом, использование натяжных устройств, у которых при вытяжке каната происходит поворот каких-либо его частей относительно приямка, накладывает некоторые ограничения на расположение остального лифтового оборудования.

Кроме того, для обеспечения достаточной величины допустимой вытяжки каната требуется иметь соответствующую длину рычага, на котором закреплен шкив, и необходимый угол его поворота относительно неподвижно закрепленного в приямке кронштейна. Следовательно, длина рычага ограничивает минимальное расстояние, на котором может быть расположено натяжное устройство относительно направляющей.

Крепление натяжного устройства на направляющей, для обеспечения большого количества компоновочных решений лифта, требует наличия большой номенклатуры исполнений кронштейна и шарнирно закрепленного на нем рычага натяжного устройства. При этом они могут иметь сложную форму с несколькими гибами, а также, при значительных размерах кронштейна и/или рычага, может требоваться их усиление для обеспечения необходимой жесткости.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что в условиях малых размеров приямка и большой насыщенности его оборудованием, а также для унификации натяжных устройств представляется перспективной конструкция

натяжного устройства, которое:

1) при заданном диаметре шкива и его вертикальном перемещении в связи с вытяжкой каната, а также при заданном усилии натяжения каната имеет минимально возможные вертикальные размеры (см. формулу (1));

2) занимает минимальную площадь в приямке, что оставляет больше пространства для других компонентов лифта и для организации рабочего пространства обслуживающего персонала;

3) не привязано к лифтовой направляющей (например, крепится к полу приямка), что повышает унификацию устройства, т. е. позволяет использовать одно исполнение устройства для различных компоновочных решений лифтов;

4) выполнено так, что все его подвижные части располагаются внутри неподвижного относительно приямка корпуса, а шкив имеет строго вертикальное перемещение.

Рассмотрим наиболее известные конструкции пружинных натяжных устройств с вертикальным перемещением шкива и оценим их конструкции с точки зрения минимального вертикального габарита (см. формулу (1)).

Рассмотрим натяжное устройство 12.064.0М фирмы Gervall (рис. 6) [14].

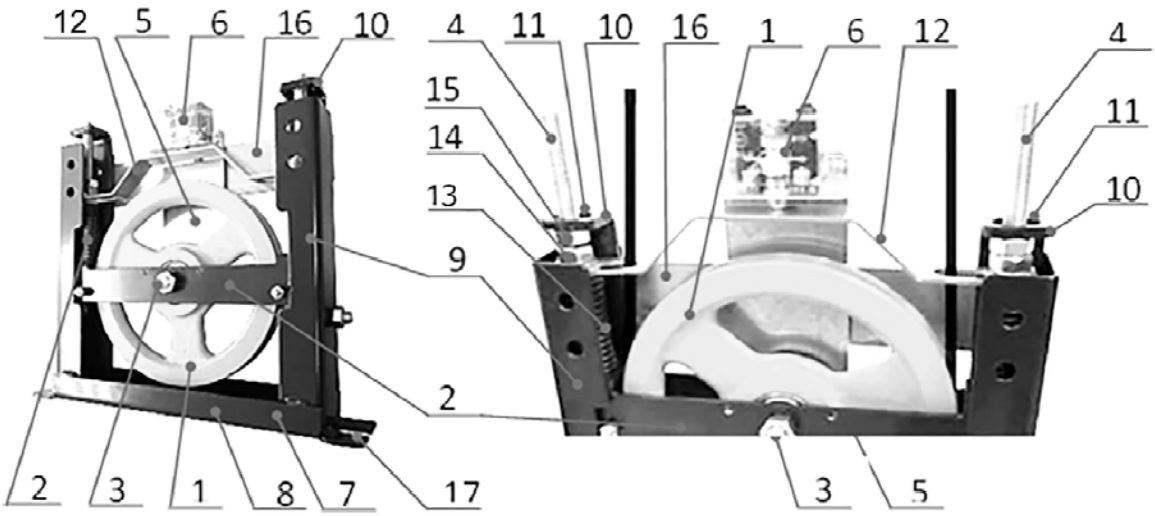



Рис. 6. Натяжное устройство 12.064.0М фирмы Gervall: 1 – шкив; 2 – траверса; 3 – ось; 4 – направляющая; 5 – кронштейн; 6 – выключатель; 7 – корпус; 8 – основание; 9 – стойка; 10 – фланец; 11 – отверстие; 12 – планка; 13 – пружина; 14 – упорная гайка; 15 – регулировочная гайка; 16 – пластина; 17 – отверстие

Натяжное устройство 12.064.0М фирмы Gervall состоит из шкива 1, установленного в центральной части траверсы 2 на оси 3. На обоих концах траверсы 2 имеются отверстия, сквозь которые свободно проходят направляющие 4 с резьбой на концах. Также в центральной части траверсы закреплен кронштейн 5, на котором выше шкива 1 установлен выключатель 6. Траверса 2 может вертикально перемещаться внутри неподвижно закрепленного в приямке корпуса 7 натяжного устройства, состоящего из горизонтального основания 8 и жестко закрепленных на его концах двух вертикальных стоек 9, на верхних концах которых имеются поперечные фланцы 10 с отверстиями 11 для прохождения направляющих 4. Между траверсой 2 и поперечными фланцами 10 вертикальных стоек 9, над шкивом 1 расположена планка 12, которая имеет возможность контактировать с роликом конечного выключателя 6. На

направляющие 4 нанизаны пружины сжатия 13, опирающиеся на траверсу 2 и упирающиеся в планку 12, над которой на резьбовых частях направляющих 4 расположены упорные гайки 14. Над упорными гайками 14 расположены регулировочные гайки 15, упирающиеся снизу в поперечные фланцы 10 вертикальных стоек 9. Верхние концы стоек 9 соединены пластиной 16. В основании 8 имеются отверстия 17 для крепления натяжного устройства в приямке.

При вытяжке каната шкив будет опускаться до тех пор, пока не будет выбран зазор между планкой 12 и выключателем 6. При срабатывании выключателя 6 разрывается электрическая цепь безопасности. Для возврата натяжного устройства в рабочее положение необходимо, поворачивая регулировочные гайки 15 против часовой стрелки, переместить направляющие 4 вместе с планкой 12 вниз. Таким образом, длина выступающей над корпусом 5 части направляющей 4 должна быть не меньше величины вертикального перемещения шкива 1 (ход шкива), необходимого для выбирания вытяжки каната до момента, когда потребуется его укорачивание.

Данное натяжное устройство обладает большим вертикальным габаритом по сравнению с вертикальным габаритом «идеального» натяжного устройства на величину перемещения шкива вследствие вытяжки каната от начального момента до момента, когда потребуется его укорачивание.

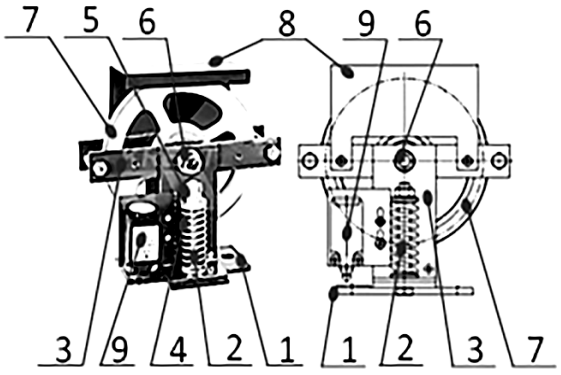
Конструкция пружинного натяжного устройства COMPACT TENSING PULLEY 200 фирмы Dynatech [15] схожа с конструкцией вышерассмотренного натяжного устройства 12.064.0М фирмы Gervall, а его вертикальный габарит также превышает вертикальный габарит «идеального» натяжного устройства:

$$Г(\text{Gervall}) = Г\ (\text{Dynatech}) =$$

$$= (Г\ (\text{идеальный}) + Х_{\text{шк.полное}}).$$

Рассмотрим натяжные устройства KT52-100A и KT52-100B китайской компании Jiangsu Kreat Industry Co., Ltd (рис. 7) [16, 17].

KT52-100A




KT52-100B

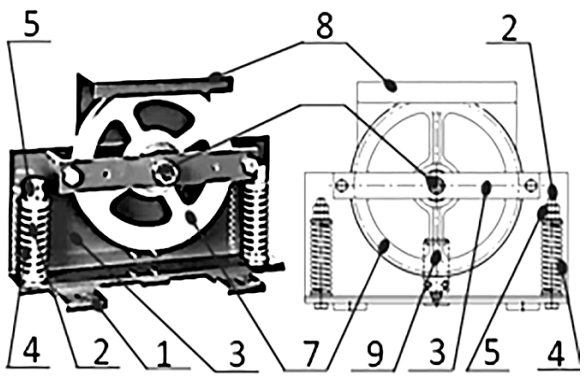



Рис. 7. Натяжные устройства KT52-100A и KT52-100B компании Jiangsu Kreat Industry Co., Ltd: 1 – основание; 2 – направляющая ось; 3 – траверса; 4 – пружина; 5 – упорная гайка; 6 – ось; 7 – шкив; 8 – кожух; 9 – выключатель

Как видно из рис. 7, натяжные устройства KT52-100A и KT52-100B состоят из закрепленного к полу приямка основания 1, на котором установлены направляющие оси 2, проходящие сквозь отверстия в траверсе 3. На оси 2 нанизаны пружины сжатия 4, которые расположены между траверсой 3 и упорными гайками 5, установленными на свободные концы направляющих осей 2.

На траверсе 3 закреплена ось 6, на которой, с возможностью вращения, установлен шкив 7. Также на траверсе 3 установлены защитный кожух 8 и концевой выключатель 9, размыкающий цепь безопасности лифта при максимальном перемещении шкива 7, соответствующем такой вытяжке каната, при которой требуется его укорачивание.

В данных конструкциях вертикальный габарит натяжного устройства определяется только диаметром шкива и его ходом, необходимым для выбирания вытяжки каната до момента, когда потребуется укорачивание каната, т. е. он равен вертикальному габариту «идеального» натяжного устройства:

$$Г(\text{Jiangsu Kreat}) = Г(\text{идеальный}).$$

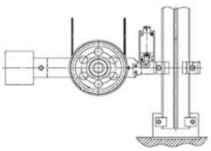
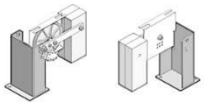
### *Заключение*

На основании выполненного анализа существующих конструкций, представленного в табл. 1, был сформулирован ряд требований, которым должно удовлетворять натяжное устройство для возможности его использования в лифтах без машинного помещения и с приямком малых размеров:

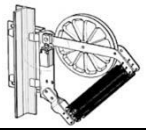
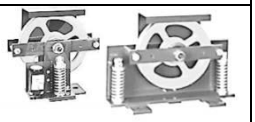
1) натяжное устройство должно занимать в приямке минимальную площадь, определяемую диаметром шкива;

2) вертикальный габарит натяжного устройства должен быть минимальным, в лучшем случае он должен определяться только диаметром шкива и его ходом, необходимым для выбирания вытяжки каната до момента, когда потребуется укорачивание каната.

Табл. 1. Типы натяжных устройств и их сравнение

| Модель/ производитель | Внешний вид | Элемент, создающий усилие | Перемещение шкива | Способ крепления | Занимаемая площадь в приямке | Вертикальный габарит | Корпус |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Классическая схема |  | Груз | Поворот | К направляющей | Большая | Значительно превышает минимальный габарит | Открытый |
| 10.064.OA.SOP (Gervall) |  | | | К полу приямка | Средняя | | |
| 10.064.OC 10.065.OC (Gervall) | | | Вертикальное | | Малая | | Закрытый |

Окончание табл. 1

| Модель/ производитель | Внешний вид | Элемент, создающий усилие | Перемещение шкива | Способ крепления | Занимаемая площадь в приямке | Вертикальный габарит | Корпус |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Metroplast Lift |  | Пружины | Поворот | К направляющей | Большая | | Открытый |
| 12.064.0M (Gervall) | | | Вертикальное | К полу приямка | Малая | Превышает минимальный габарит на величину хода шкива | Закрытый |
| COMPACT TENSING PULLEY 200 (Dynatec) | | | | | | | |
| KT52-100A KT52-100B (Jiangsu Kreat Industry Co.) |  | | | | | Равен минимально возможному габариту | |
| Разрабатываемое натяжное устройство ОАО «Могилевлифтмаш» | | | | | | | |

С точки зрения выполнения вышеперечисленных требований предпочтительными являются конструкции 12.064.0M (Gervall) [14], COMPACT TENSING PULLEY 200 (Dynatech) [15], KT52-100A и KT52-100B (Jiangsu Kreat Industry) [16, 17]. Однако с целью импортозамещения была поставлена задача, используя вышеперечисленные конструкции в качестве прототипов, разработать собственное натяжное устройство.

Было составлено техническое задание на разработку натяжного устройства для лифтов без машинного помещения и с уменьшенными размерами приямка, проведен патентный поиск и с применением современных методик 3D-моделирования была разработана и рассчитана собственная конструкция пружинного натяжного устройства.

При разработке собственной конструкции натяжного устройства были проанализированы и устранены недостатки конструкций, выбранных за прототипы, а проведенный DFMEA-анализ [13] позволил довести конструкцию до промышленного уровня. Опытный образец прошел заводские испытания, а на его конструкцию подана заявка в НЦИС на полезную модель № u20210191 от 19.07.2021 г. На данном этапе идет патентная экспертиза, в связи с чем конструкция пока не может быть представлена в свободной печати.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Высота под контролем. ОАО «МОГИЛЕВЛИФТМАШ» [Электронный ресурс]: каталог. – Режим доступа: https://www.liftmach.by/upload/iblock/%D0%9A%D0% B0%D1%82%D0%B0%D0%BB% D0%BE%D0%B3%20%D0%9C%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D0%BB%D0% B8%D1%84%D1%82%D0%BC%D0%B0%D1%88%20sm.pdf. – Дата доступа: 03.09.2021.

2. Synergy. ThyssenKrupp Elevator ООО [Электронный ресурс]: каталог. – Режим доступа: http://logos-trend.ru/lifts/Brochure-synergy-Spain.pdf. – Дата доступа: 03.09.2021.

3. **Архангельский, Г. Г.** Современные тенденции совершенствования конструкции лифтового оборудования / Г. Г. Архангельский // Стройпрофиль. – 2008. – № 7. – С. 94–96.

4. **Антоневич, А. И.** Анализ современных конструкций лифтов и тенденций их развития /

А. И. Антоневич // Вестн. Белорус. нац. техн. ун-та. – 2010. – № 5. – С. 18–21.

5. Лифты. Общие требования безопасности к устройству и установке. Лифты для транспортирования людей или людей и грузов = Ліфты. Агульныя патрабаванні бяспекі да ўстройства і ўстаноўкі. Ліфты для транспартавання людзей або людзей і грузаў: ГОСТ 33984.1–2016 (EN 81-20:2014). – Введ. 02.11.2018. – Госстандарт Респ. Беларусь, 2018. – 130 с.

6. Лифты: учебник для вузов / Под общ. ред. Д. П. Волкова. – Москва: АСВ, 1999. – 480 с. : ил.

7. **Волков, Д. П.** Атлас конструкций лифтов / Д. П. Волков, А. А. Ионов, П. И. Чутчиков. – Москва : АСВ, 2003. – 156 с.

8. Лифт пассажирский EVOLUTION электрический, безредукторный без машинного помещения. Техническое описание. Инструкция по эксплуатации. Инструкция по эвакуации пассажиров // ThyssenKrupp. – 2014. – С. 30–32.

9. Инструкция по монтажу. Лифт пассажирский с машинным помещением грузоподъемностью 400–2000 кг со скоростью до 2 м/с серии «QUEEN» // Евролифтмаш. – 2017. – С. 98–99.

10. Hakan Barneman, Gert Van Der Meijden, Richard Baker, inventors; Kone Corporation, Helsinki (FI), assignee. Overspeed governor tension sheave assembly. United States patent US 20160083221 A1. 2016 Mar 24.

11. Tensora fijada a suelo. Manual de montaje. Assembly manual. Gervall [Электронный ресурс]: Инструкция по сборке. – Режим доступа: https://www.gervall.it/tenditori/560-tenditore-fissaggio-al-suolo.html. – Дата доступа: 03.09.2021.

12. Special tension weight for carriage type «pack» infral 01. 10.12 B. GERVALL [Электронный ресурс]: каталог. – Режим доступа: https://www.gervall.co.uk/tension-pulleys/405-tension-weight-%C3%B8200-for-carriage-type-pack.html. – Дата доступа: 03.09.2021.

13. Натяжное устройство пружинное. Metroplast [Электронный ресурс]: инструкция по монтажу и эксплуатации. – Режим доступа: http://vtk-promteh.ru/a/promteh/files/73977/72730/Natyazhnoe_ pruzhinnoe._Rukovodstvo_po_montazhu_i_expl.pdf. – Дата доступа: 03.09.2021.

14. Tension pulley with springs. GERVALL [Электронный ресурс]: каталог. – Режим доступа: https://5f514828-cc67-491d-aa04-8f2a9924f08e.filesusr.com/ugd/83da51_e3713175fe014fcf8a85b38c5862ec20.pdf. – Дата доступа: 03.09.2021.

15. INSTRUCTIONS: Compact 200 Tensing Pulley. Cod: DYN66.1.04 Date: 01/06/2020 Revision: 04. Dynatech [Электронный ресурс]: инструкция по эксплуатации. – Режим доступа: https://www.dynatech-elevation.com/documentos/articulos/Reducido%20Tensora%20Compact%20200-ing.pdf. – Дата доступа: 03.09.2021.

16. Tension Device KT52-100A [Электронный ресурс]: описание продукта. – Режим доступа: http://www.monadrive.com/safety-system-1116267/31306891.html. – Дата доступа: 03.09.2021.

17. Tension Device KT52-100B [Электронный ресурс]: описание продукта. – Режим доступа: http://www.monadrive.com/safety-system-1116267/31306940.html. – Дата доступа: 03.09.2021.

18. Анализ видов и последствий потенциальных отказов (FMEA). – Нижний Новгород: Приоритет, 2003. – 84 с.

*Статья сдана в редакцию 29 сентября 2021 года*

**Александр Владимирович Куцеполенко,** начальник бюро по научной работе отраслевой лаборатории НТЦ, ОАО «Могилевлифтмаш», магистр техн. наук. E-mail: bn_ntc@liftmach.by.

**Максим Эдуардович Подымако,** заведующий отраслевой лабораторией НТЦ, ОАО «Могилевлифтмаш». E-mail: bn_ntc@liftmach.by.

**Максим Валерьевич Соболев,** директор НТЦ, ОАО «Могилевлифтмаш». Тел.: +375-222-740-947. E-mail: liftmach@liftmach.by.

**Владимир Александрович Далимаев,** инженер-конструктор Олаб НТЦ, ОАО «Могилевлифтмаш». E-mail: bn_ntc@liftmach.by.

**Герман Сергеевич Синицын,** инженер-конструктор ОНП НТЦ, ОАО «Могилевлифтмаш». E-mail: onp@liftmach.by.

**Alexandr Vladimirovich Kutsepolenko,** Head of the Scientific Research Department of STC branch laboratory, JSC Mogilevliftmash, MSc (Engineering). E-mail: bn_ntc@liftmach.by.

**Maksim Eduardovich Podymako,** Head of the STC branch laboratory, JSC Mogilevliftmash. E-mail: bn_ntc@liftmach.by.

**Maksim Valeryevich Sobolev,** STC Director, JSC Mogilevliftmash. Tel.: +375-222-740-947. E-mail: liftmach@liftmach.by.

**Vladimir Aleksandrovich Dalimaev,** design engineer of STC branch laboratory, JSC Mogilevliftmash. E-mail: bn_ntc@liftmach.by.

**German Sergeyevich Sinitsyn,** design engineer of STC ONP, JSC Mogilevliftmash. E-mail: onp@liftmach.by.