
УДК 62-83:621

А. С. Коваль, Е. В. Ефименко

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПАССАЖИРСКИХ ЛИФТОВ С РЕГУЛИРУЕМОЙ НОМИНАЛЬНОЙ СКОРОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ КАБИНЫ ЛИФТА

UDC 62-83:621

A. S. Koval, Y. V. Yefimenka

ON THE DEVELOPMENT OF ELECTRIC DRIVES FOR PASSENGER LIFTS WITH ADJUSTABLE NOMINAL SPEED OF THE LIFT CAR MOTION

Аннотация

Рассмотрена возможность реализации режима работы привода лифта с рабочей скоростью больше номинальной в безредукторных приводах лифтов на базе синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ). Предложено регулирование рабочей скорости лифта при неполной загрузке кабины с целью повышения производительности лифта и улучшения энергетических характеристик его привода с учётом случайного характера пассажиропотока в пассажирских и административных лифтах.

Ключевые слова:

частотно-регулируемый электропривод, лифт, загрузка кабины, пассажиропоток, синхронный двигатель.

Abstract

The paper considers the implementation of operating mode of the lift drive with an operating speed higher than nominal in lifts gearless drives on the basis of synchronous motors with permanent magnets (SMPM) and suggests the adjustment of operating speed of the lift with a partially loaded lift car in order to increase lift efficiency and to improve energy characteristics of the lift drive, a random character of passenger flow in residential and office lifts being taken into account.

Key words:

variable frequency drive, lift, loading of a lift car, passenger flow, synchronous motor.

В настоящее время уделяется большое внимание энергосбережению в лифтах. Для лифтов, работающих в жилых зданиях, порядка 30 % энергопотребления связано с режимом движения (перевозки людей), т. е. работой электропривода. Сегодня частотно-регулируемый электропривод (ЭП) переменного тока – основной тип регулируемого привода в лифтах. Преобразователь частоты используется для формирования пускотормозных режимов тахограммы движения кабины лифта при сохранении неизменной рабочей

скорости перемещения кабины. Это, наряду с обеспечением комфортных характеристик поездки в лифте, по сравнению с приводами лифтов на базе двухскоростных двигателей, существенно снижает энергопотребление в переходных процессах, что и определяет экономичность использования частотно-регулируемых ЭП.

Особенностью работы лифта является постоянно меняющаяся загрузка его кабины, которая определяется случайным характером пассажиропотока как в жилых, так и административных зданиях

[1]. Двигатель привода лифта в этом случае работает с постоянно меняющейся нагрузкой, что снижает энергетическую эффективность привода. Обеспечение постоянной загрузки двигателя возможно увеличением рабочей скорости движения лифта в рабочих циклах с неуравновешенной кабиной лифта и его производительности [2].

Требуемая мощность двигателя привода лифта может быть определена как

$$Q = \frac{(P_1 + P_2 - P_3) \cdot V}{\eta}, \quad (1)$$

где P_1 – вес кабины, Н; P_2 – нагрузка кабины, Н; P_3 – вес противовеса, Н; V – скорость движения кабины, м/с; η – КПД привода.

Вес противовеса выбирается из условия уравновешивания веса пустой кабины и половины ее номинальной загрузки [2]:

$$P_3 = P_1 + \frac{P_{2ном}}{2}. \quad (2)$$

Тогда

$$Q_{ном} = \frac{0,5P_{2ном} \cdot V_{ном}}{\eta}. \quad (3)$$

При сохранении постоянства потребляемой мощности двигателем привода в этом случае возможно увеличение скорости перемещения кабины лифта при меняющейся нагрузке кабины в соответствии с выражением

$$V = \frac{P_{2ном}}{P_2} \cdot V_{ном}. \quad (4)$$

Чем ближе нагрузка кабины к значению $0,5P_{2ном}$ (фактически холостой ход), тем больше может быть скорость. При нагрузке кабины, равной $0,5P_{2ном}$, расчетная скорость перемещения кабины лифта достигает значения $2V_{ном}$. Реально ограничение этой скорости определяется:

– возрастанием шума при увеличении скорости (установленная норма при работе редукторной лебёдки с двухскоростным АД не более 75 дБ);

– возможностями конструкции самой лебёдки лифта, допускающими увеличение скорости выше номинальной;

– регулируемыми возможностями используемых двигателей в приводе лифта при регулировании скорости выше номинальной.

В регулируемом редукторном электроприводе лифтов используется односкоростной асинхронный двигатель с управлением от частотного преобразователя. Типовой асинхронный двигатель допускает работу вверх от номинальной скорости при постоянной мощности в ограниченном диапазоне при увеличении частоты питающего напряжения. Возможности увеличения скорости в этом случае ограничены увеличением индуктивного сопротивления обмоток ротора и статора, что приводит к уменьшению тока при максимальном моменте и магнитного потока, т. к. напряжение питания остается постоянным при увеличении частоты питающего напряжения [3]. Диапазон регулирования асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором в таком случае ограничен до 2:1 при поддержании тока ротора равным или меньше номинального.

Наиболее пригодны к режиму работы лифтов со скоростью выше номинальной безредукторные регулируемые электроприводы. Применение типовых асинхронных двигателей в безредукторном электроприводе лифта нерационально, в первую очередь, из-за завышения мощности используемого преобразователя частоты. В России разрабатываются конструкции тихоходных асинхронных двигателей для лифтов (ООО «РУСЭЛПРОМ-Лифт»), однако широкого применения они пока не имеют. На рынке лифтов массово присутствуют безредукторные приводы лифтов на базе синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ) [4]. Эти

двигатели с преобразователем частоты допускают работу в зоне скоростей выше номинальной в ограниченном диапазоне. Ограничение тоже определяется влиянием индуктивности статора при возрастании частоты питающего напряжения и сопровождается соответствующим ограничением момента.

Специфика регулирования в этом случае скорости СДПМ, которые получают в последнее время наибольшее применение в приводах лифтов, заключается в том, что режим ослабления магнитного потока реализуется за счёт продольной размагничивающей реакции якоря (при упреждающем угле управления транзисторами инвертора), т. е. составляющей тока I_d (при описании двигателя в осях $d-q$, неподвижных относительно ротора), отличной от нуля, что и имеет место при работе СДПМ при скорости больше $\omega_{ном}$ [5].

Момент СДПМ через номинальные параметры определяется как

$$M = C \cdot I, \quad (5)$$

где C – постоянная двигателя.

При регулировании скорости за счёт ослабления потока ток двигателя не может быть больше $I_{ном ампл} = \sqrt{I_q^2 + I_d^2}$. Поэтому регулирование скорости во второй зоне должно сопровождаться уменьшением составляющей тока I_q в соответствии с уменьшением загрузки в кабине лифта и увеличением скорости.

Уравнение механической характеристики СДПМ при управлении ослаблением потока имеет вид (в относительных единицах) [5]:

$$\mu = \frac{K_m \cdot (\cos\Theta_{эл} + V \cdot \tau \cdot \omega_{0ном} \sin\Theta_{эл} - \gamma)}{1 + (\tau \cdot \omega_{0ном})^2 \cdot \gamma^2}, \quad (6)$$

где

$$K_m = \frac{U_{1нно}}{I_{1нно} \cdot R_1}; \quad \gamma = \frac{\omega}{\omega_{0нно}};$$

$$\mu = \frac{M}{M_{ном}}; \quad \tau = p_n \cdot \frac{L_1}{R_1}.$$

Расчётная механическая характеристика (6) лифтового СДПМ (табл. 1) при увеличении частоты вращения до $2\omega_{0ном}$

$$\mu = \frac{8,08 - 4,1\gamma}{1 + 3,92\gamma^2} \quad (7)$$

Механическая характеристика в соответствии с выражением (7) и по данным табл. 1 построена на рис. 1.

При использовании двигателя (см. рис. 1) в приводе лифта изменению загрузки кабины от $P_{ном}$ до $0,5P_{ном}$ соответствует изменение момента двигателя от 1 до 0 в относительных единицах с соответствующим увеличением частоты вращения относительно номинального значения до двухкратного. Это позволяет говорить о вероятности увеличения скорости кабины выше номинальной при сохранении потребляемого тока двигателем на уровне не более $I_{ном}$ в безредукторных регулируемых электроприводах на основе СДПМ.

Возможные тахограммы движения кабины лифта с регулируемой скоростью движения кабины в зависимости от нагрузки показаны на рис. 2.

Табл. 1. Номинальные параметры лифтового СДПМ

$U_{1ном}$, В	$I_{1ном}$, А	R_1 , Ом	L_1 , мГн	$\omega_{0ном}$, с ⁻¹	p_n	$\Theta_{эл}$, град	$M_{ном}$, Н·м	$P_{ном}$, кВт
220	12	2,19	0,04	9,9	11	15	460	4,6

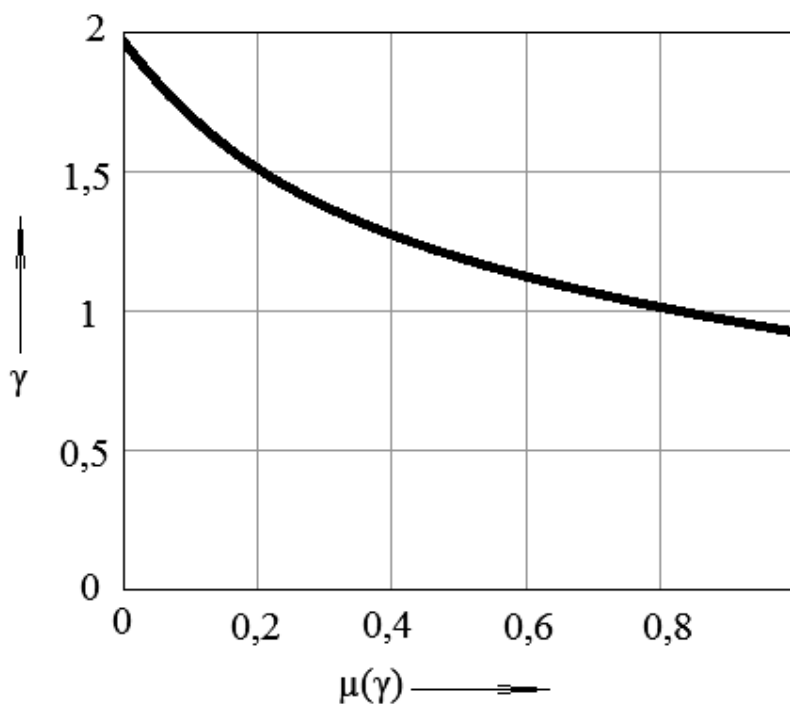


Рис. 1. Расчётная механическая характеристика

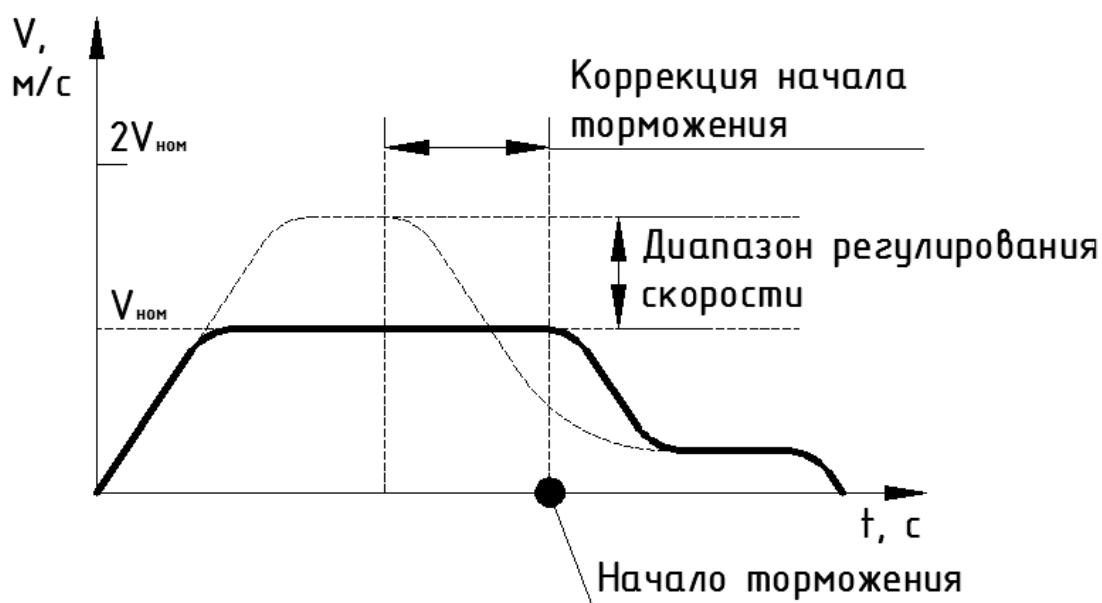


Рис. 2. Возможные тахограммы движения кабины лифта

Особенностью системы управления электроприводом является необходимость коррекции начала торможения привода при подходе к заданному этажу в зависимости от скорости движения

(загрузки кабины). Реализация такого режима работы требует разработки системы управления электроприводом, отличающейся от используемых в безредукторных лифтах в настоящее время.

Дополнительно нужна коррекция начала формирования команды на торможение привода при подходе к заданному этажу при сохранении общего алгоритма управления формированием точного останова на этаже.

Блок-схема такого электропривода представлена на рис. 3 [6].

В электроприводе используется датчик загрузки кабины для формирования сигнала задания скорости, превышающей номинальную, и блок коррекции начала торможения кабины лифта для реализации существующего алгоритма останова кабины на этаже.

В настоящее время к лифтам предъявляются более высокие требования по комфортности [4]. Актуальна реализация полностью управляемого торможения кабины в функции оставшегося до этажа останова пути [4]. Использование этой идеологии целесообразно в электроприводе на рис. 3. Схема электропривода с регулируемой скоростью движения кабины в зависимости от загрузки кабины и управляемым по оставшемуся до этажа останова пути торможением показана на рис. 4.

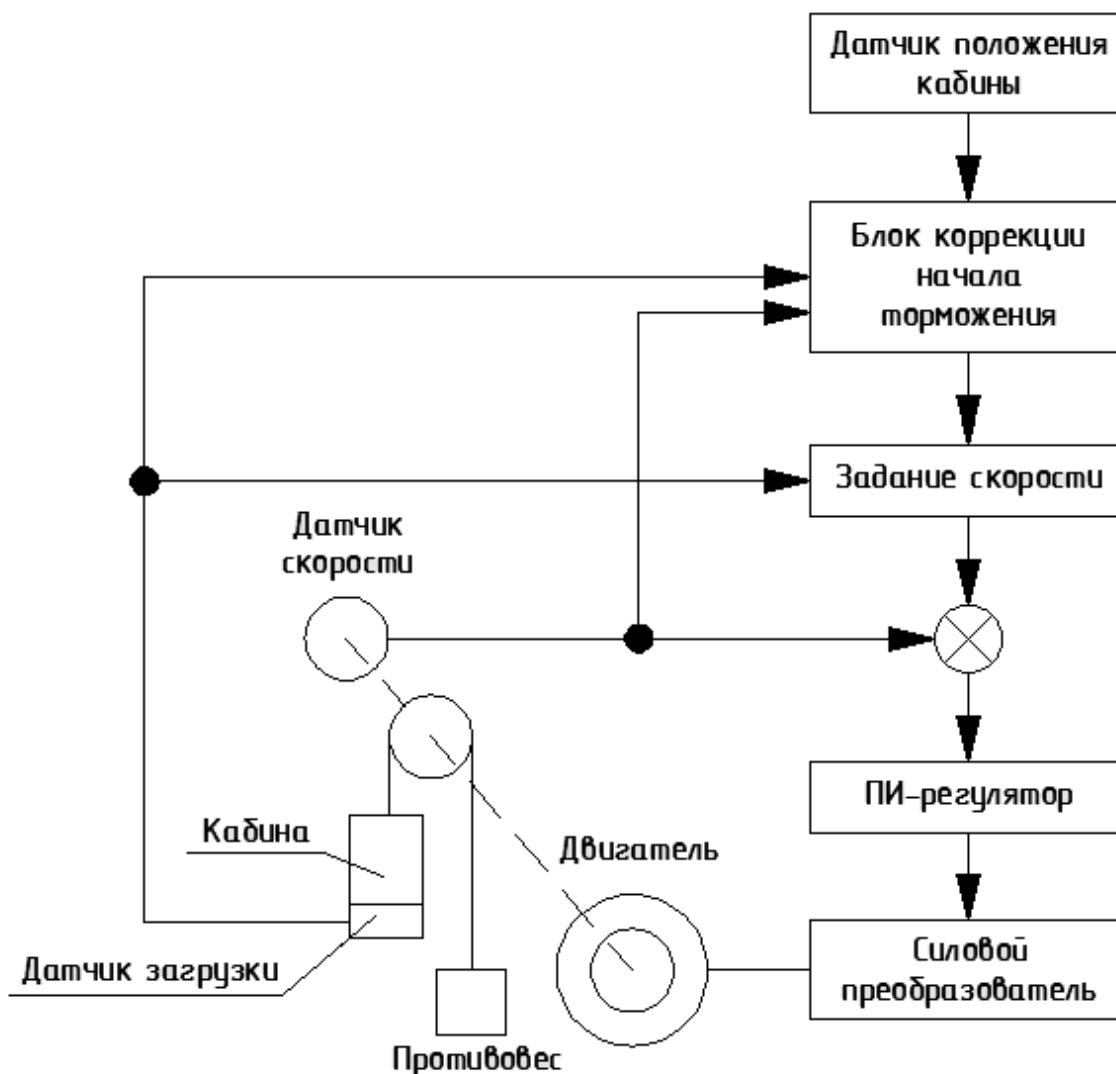


Рис. 3. Схема электропривода лифта с регулируемой скоростью движения кабины

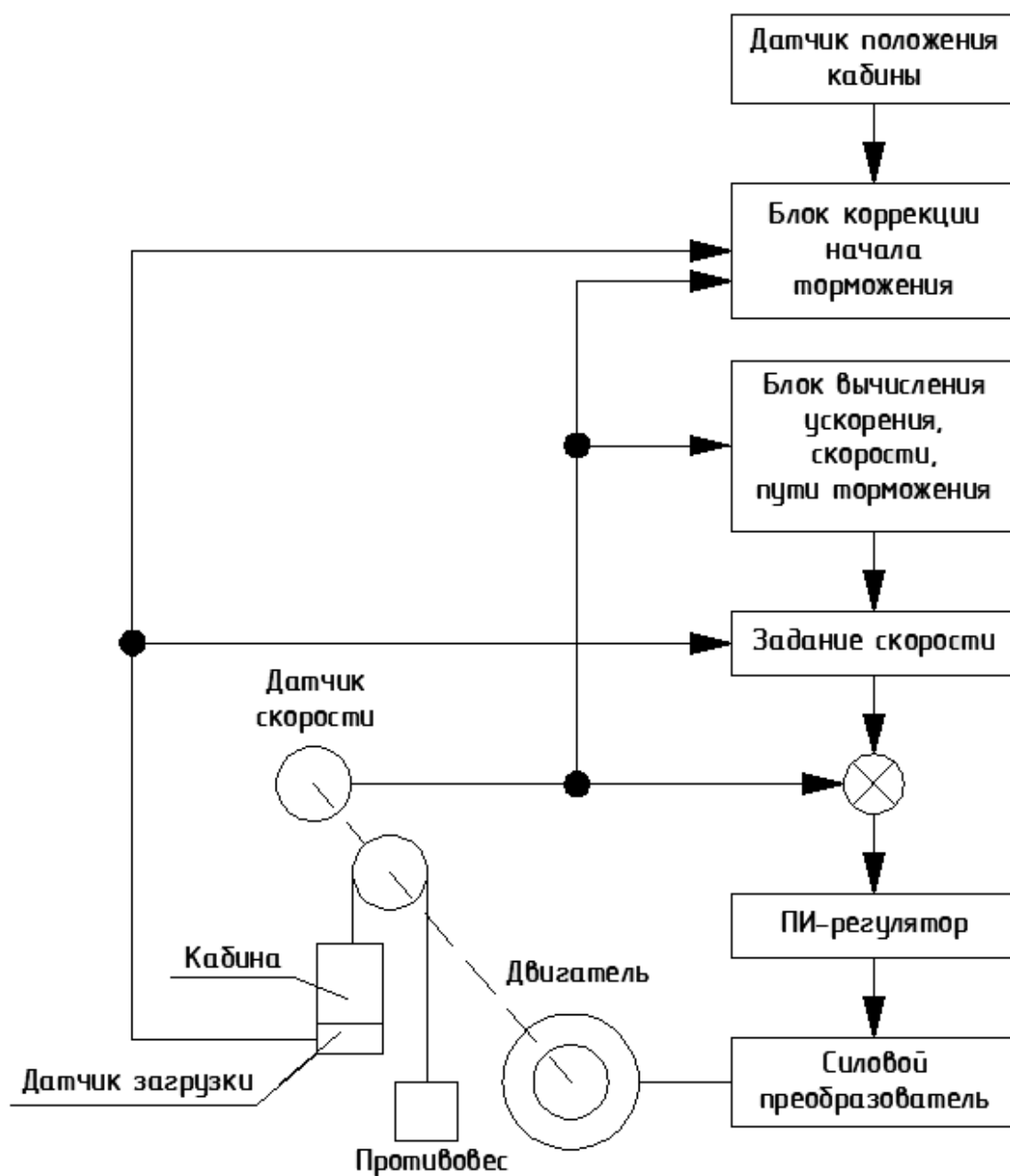


Рис. 4. Схема частотно-регулируемого электропривода лифта с вычислением сигнала задания скорости при торможении и с регулируемой скоростью движения кабины

Установившаяся скорость движения кабины лифта зависит от загрузки кабины (датчик загрузки) и формируется блоком движения скорости.

Вычисление скорости лифта в процессе торможения происходит следующим образом. Исходя из оставшегося до места останова расстояния (определяется на основе интегрирования сиг-

нала датчика скорости двигателя главного привода) находят необходимое ускорение, с которым возможно торможение на оставшемся тормозном пути. Если это ускорение превышает допустимое по условиям работы лифта, то торможение идет с допустимым ускорением. Когда оставшийся тормозной путь позволяет тормозиться с ускорением

меньше допустимого, то начинается коррекция задания скорости торможения, пока не будет определен окончательный участок, на котором при рассчитанном постоянном ускорении торможения скорость кабины лифта не станет равной 0 в точке останова.

Выводы

1. С учетом случайного характера пассажиропотока в пассажирских и административных лифтах предложено ре-

гулирование рабочей скорости лифта выше номинальной при неполной загрузке кабины с целью повышения производительности лифта и улучшения энергетических характеристик его привода.

2. Показана возможность реализации режима работы привода лифта с рабочей скоростью больше номинальной в безредукторных приводах лифтов на базе СДПМ и тихоходных АД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гайдукевич, В. И.** Случайные нагрузки силовых электроприводов / В. И. Гайдукевич, В. С. Титов. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 159 с.
2. Лифты : учебник для вузов / Г. Г. Архангельский [и др.] ; под общ. ред. Д. П. Волкова. – М. : АСВ, 1999. – 479 с.
3. **Фираго, Б. И.** Теория электропривода / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлячик. – Минск : Техноперспектива, 2007. – 585 с.
4. К вопросу совершенствования электропривода массовых лифтов / А. С. Коваль [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2011. – № 3. – С 145–150.
5. **Фираго, Б. И.** Работа трёхфазных вентильных двигателей переменного тока при скорости выше основной / Б. И. Фираго // Вісн. Кременчуцкого державного ун-ту ім. М. Осроградського. – 2011. – Вип. 4. – С. 12–16.
6. О реализации управляемого в функции тормозного пути торможения в массовых лифтах / А. С. Коваль [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2013. – № 3. – С. 145–150.

Статья сдана в редакцию 25 сентября 2014 года

Александр Сергеевич Коваль, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.
E-mail: etf@bru.by.

Евгений Викторович Ефименко, аспирант, Белорусско-Российский университет.
E-mail: captain_puls@mail.ru.

Aleksandr Sergeyevich Koval, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University.
E-mail: etf@bru.by.

Yevgeny Viktorovich Yefimenka, PhD student, Belarusian-Russian University. E-mail: captain_puls@mail.ru.