

УДК 692.66:62-83

Семенюк В.Ф., д.т.н., Бойко А.А., к.т.н.

### **КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В ЛИФТОВЫХ ПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМАХ**

Известно, что с увеличением номинальной скорости приводного двигателя улучшаются его массогабаритные и энергетические показатели [1]. Одним из направлений повышения номинальной скорости лифтовых приводных двигателей при заданной скорости кабины является уменьшение диаметра канатоведущего шкива (КВШ) и увеличение кратности полиспаста. Например, для скорости кабины более 1 м/с прямая подвеска уже является редкостью, а используются полиспасты с кратностью 2 и более [2]. Существует известная зависимость между диаметрами КВШ и тросов. Их отношение не должно быть меньше 40. Чем больше это соотношение, тем меньше износ и старение каната и шкива [3]. Поэтому любое уменьшение диаметра КВШ должно сопровождаться соответствующим уменьшением диаметра троса. Анализ данного показателя в лебедках известных производителей лифтовых систем показывает, что это число составляет для большинства случаев 40, однако встречаются показатели с минимальным значением 27 и максимальным 57. Для гибкой ременной передачи этот показатель составляет от 26 до 33, но в этом случае, условия работы троса значительно облегчены наличием полиуретановой оболочки.

Количество тросов (нитей) зависит от их диаметра и грузоподъемности лифта. При одинаковой скорости кабины и одинаковом моменте двигателя диаметр КВШ подбирается обратно пропорционально грузоподъемности лифта [4]. Диаметр троса и количество нитей выбираются с учетом диаметра шкива. Ввиду этого, в технических показателях лебедок вместо обычных диаметров канатов 10-14 мм для редукторных лебедок, можно встретить диаметры 4 мм и даже 3 мм, а количество канатов доходит до 12-17. Среди лидеров в «соревновании» в этом направлении следует указать два ведущих мировых производителя: OTIS (США) и KONE (Финляндия). Первая компания внедрила революционную технологию - гибкие полиуретановые ремни, армированные тонкими тросами, диаметром 3 мм (рис. 1).



а)

б)

Рисунок 1 – Общий вид а) гибкого полиуретанового ремня, армированного стальным тросом; б) канатоведущего шкива с тремя гибкими ремнями.

Это дает возможность использовать КВШ диаметром от 80 мм, и соответственно, значительно повысить номинальную скорость двигателя, хотя именно этот параметр производитель не указывает в технических данных. Лебедки этого производителя компактны и имеют небольшую массу. При использовании полиспафта с кратностью 2 и КВШ 80 мм, можно определить необходимые скорости двигателя. Они будут составлять: до 500 об/мин при скорости кабины 1 м/с и до 720 об/мин для скорости 1,6 м/с. Соответствующее число полюсов асинхронного двигателя (АД), для частоты напряжения питания 60 Гц, составит 14 или 10 [1]. Это приемлемо для технической реализации АД, и не требует применения инновационных типов двигателей, что приводит к удорожанию электропривода и лифта в целом.

Компания KONE пошла путем наращивания кратности полиспафта до 6 и даже 10. Это дает возможность уменьшить нагрузку на канат и уменьшить диаметры каната и канатоведущего шкива, а также значительно повысить номинальную скорость двигателя. Последнее достижение – лебедка PowerDisc весит, согласно информации производителя, всего 80 кг и описывается как «...революционно, уникально, идеально, впервые в мире...» (рис. 2).

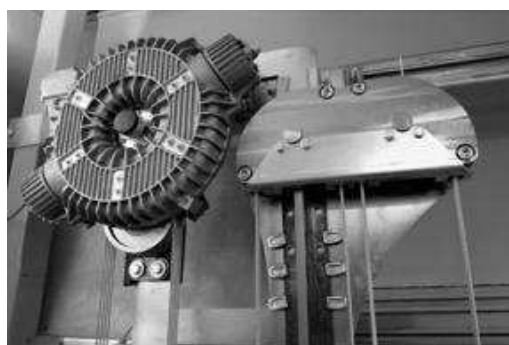


Рисунок 2. – Общий вид лифтовой лебедки PowerDisc

Однако к этим достижениям следует относиться осторожно, поскольку полиспасть устанавливается не только на кабине, но и на противовесе, а это значительно увеличивает количество подвижных и неподвижных блоков. Если принять коэффициент полезного действия (КПД) одного блока 0,98, то общий КПД тросовой передачи составляет  $0,98^n$ , где  $n$  – количество блоков [3]. При  $n=10$  КПД составляет 82%, а при  $n=20$  уже 67%, что значительно снижает энергетические показатели и дискредитирует идею безредукторных лебедок. Также, при реальной оценке, к массе лебедки справедливо было бы прибавить суммарную массу всех блоков и конструкций для их крепления.

Последний шаг производителя - отказ от противовеса. При больших кратностях полиспаста, можно признать этот шаг логичным. Производитель информирует об увеличении свободного пространства в шахте, которое освобождается за счет противовеса, и возможное увеличение грузоподъемности лифта (до 30%). Но для этого значительно увеличивается установленная мощность двигателя, даже по сравнению с лебедкой с червячным редуктором. Аннулируются и другие положительные свойства безредукторных лебедок. Так, количество колес вместе с КВШ в «выжимной» конструкции лифта составляет 17 для передачи 6:1, а для передачи 10:1 уже 29. КПД таких канатных передач составляет соответственно 71%, и 55,6% [3]. Если кабина подвешена по центру шахты, то для тех же передач нужно количество блоков составляет 12 и 20, а значения КПД канатной передачи - 78,5% и 66,7%, соответственно.

Необходимая длина канатов одной нити в  $2i_n$  раз больше высоты подъема, что усложняет монтажные и наладочные работы и повышает стоимость канатов. Например, лифт грузоподъемностью 500 кг, скоростью 1 м/с, с расчетной высотой подъема 27 м. На канатоповодящем шкиве 4 нити каната диаметром 12 мм. Общая площадь сечения всех канатов 452 мм<sup>2</sup> [5]. При модернизации устанавливается лебедка без противовеса с кратностью полиспаста 10. При этом вес канатов уменьшается в 10 раз, требуемая площадь сечения канатов также может быть уменьшена в 10 раз, без учета возможного увеличения грузоподъемности и веса противовеса. Т. е. потребуется 4 каната площадью по 11,3 мм<sup>2</sup>, или диаметром 4 мм. Длина канатов существующего лифта составляет 108 м, нужная длина канатов после модернизации, по упрощенному расчету, составит 2160 м. Это увеличение длины приводит к увеличению стоимости канатов в 6 раз, не говоря уже о надежности канатной системы. Однако, в информационных материалах производителя на этих вопросах внимание не акцентируется.

Еще один спорный вопрос - проявление гибкости канатов, которое принципиально должно быть большим для канатов малого диаметра [5]. При обсуждении свойств лебедок этот вопрос или

обходят, или утверждают противоположное - о чрезвычайной прочности и жесткости этих канатов. Есть один параметр, который подтверждает, что в лебедках с малыми диаметрами канатов проявления гибкости существенно - это погрешность при остановке. В системе с абсолютно жесткими механическими связями погрешность при остановке отвечает погрешности датчика перемещения [2,6]. Современные датчики измеряют перемещение с точностью до долей миллиметра. Однако производители приводят данные относительно точности остановки от  $\pm 3$  до  $\pm 7$  мм. Принимая во внимание астатичность системы управления, ничем другим, кроме возможных проявлений гибкости канатов, это объяснить нельзя [7].

#### **Выводы:**

1. Все ведущие производители лифтовых систем тщательно скрывают конкретную техническую информацию, ограничиваясь общими рекламными представлениями. По информации, которая есть на сайтах компаний, провести объективную сравнительную оценку энергетической эффективности лебедок различного исполнения и производителей, достаточно сложно. Необходимые данные или отсутствуют, или имеют разрозненный характер. Иногда на этом может строиться недобросовестная реклама. Например, принимая во внимания отсутствие базовых показателей - энергетической эффективности, в виде КПД, или скорости работы приводного двигателя.

2. Анализ показывает, что при создании инновационных безредукторных лебедок возникает ряд проблем, решение которых достигается за счет компромиссов, не все из которых можно признать удовлетворительными, так:

- увеличение кратности полиспафта приводит к увеличению количества отводных блоков. Это усложняет монтаж лифта, увеличивает износ канатов, уменьшает КПД тросовой передачи, ограничивает высоту подъема кабины. Приводит к неравномерному натяжению тросов и к перекосам кабины, которая увеличивает нагрузку на направляющие, вызывая их износ и увеличение механических потерь. Увеличение свободного места в шахте за счет изъятия из системы противовеса - единое оправдание этого технического решения;

- отказ от противовеса вынуждает увеличивать установленную мощность двигателя, даже в сравнении с мощностью распространенного двухскоростного АД, что приводит к дополнительной нагрузке на сеть в статических и динамических режимах работы;

- увеличенная длина канатов при малом сечении приводит к большим проявлениям их гибкости, что может проявиться в колебаниях кабины и увеличении погрешности остановки. Эти

недостатки компенсируются рекомендованными высотами подъема до 30 м;

- при сравнении масс лебедок, в их состав лебедки следует включать блоки и конструкции для их установки, иначе это сопоставление не корректно;

- выводы о значительном улучшении энергоэффективности инновационных безредукторных лифтовых подъемных механизмов делается на основании их сравнения с технологически - устаревшей лебедкой с двухскоростным двигателем и червячным редуктором. При сравнении с редукторными лебедками новых конструкции, эти показатели могут быть отрицательными.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гольдберг О.Д., Свириденко И.С. Проектирование электрических машин. Изд 3, переработанное М.: Высшая школа, 2006. - 431 с.

2. Лифты. Учебник для вузов / под общей ред. Д. П. Волкова. - М.: изд-во АСВ, 1999. - 480 с.

3. Яновски Л. Проектирование механического оборудования лифтов. Третье издание. - М.: Монография . Издательство АСВ, 2005. - 336с

4. Федосеев В.Н., Гончаров Г.К. Безопасная эксплуатация лифтов: Справ. пособие. – М.: Стройиздат, 1987. -256 с.

5. Малиновский В.А. Стальные канаты. Часть I. Некоторые вопросы технологии, расчета и проектирования. Одесса: Астропринт, 2001. – 188 с.

6. Шахтный подъем: Научно-производственное издание / Бежок В.Р., Дворников В.И., Манец И.Г., Пристром В.А., общ. ред. Б.А. Грядущий, В.А. Корсун. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2007 . – 264 с.

7. Анализ влияния упругости троса на динамику электроприводов лифтов при типовой тахограмме двигателя / Ю. П. Добробаба, А. И. Сафроно-вич, С.А. Воеводов // Научный журнал «Труды КубГТУ» / Т. 14. Серия «Энергетика» - Краснодар: КубГТУ.- 2002 .- Вып. 3 - С. 126-135.