

1. Бомбардировку поверхности изделий из сплава Д16Т после обработки лезвийным инструментом целесообразно осуществлять высокоэнергетическими ионами  $Ti^+$ , обеспечивая тем самым существенное (до 50 %) снижение исходной шероховатости поверхности.

2. При нанесении покрытий на поверхности после шлифования и полирования не следует использовать ионную бомбардировку  $Ti^+$ , так как при этом существенно увеличивается исходная шероховатость поверхности. Для обработки таких деталей следует использовать бомбардировку ионами инертных газов.

3. Для снижения негативного влияния ионной бомбардировки на исходную шерохова-

тость обрабатываемой поверхности изделия необходимо устанавливать параллельно направлению ионного потока.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Плешивцев, Н. В. Катодное распыление / Н. В. Плешивцев. – М.: Атомиздат, 1968. – 347 с.

2. Иващенко, С. А. Газотермические и вакуумно-плазменные покрытия со специальными физико-механическими свойствами / С. А. Иващенко, И. С. Фролов, Ж. А. Мрочек. – Минск: Технопринт, 2001. – 236 с.

3. Иващенко, С. А. Вакуумно-плазменные покрытия / Ж. А. Мрочек, А. К. Вершина, С. А. Иващенко. – Минск: Технопринт, 2004. – 369 с.

Поступила 10.02.2010

УДК 621.876

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛИФТОВ И ТЕНДЕНЦИЙ ИХ РАЗВИТИЯ

*Канд. техн. наук АНТОНЕВИЧ А. И.*

*Белорусский национальный технический университет*

Республика Беларусь имеет выгодное географическое положение и удобный рынок для поставки лифтов. Кроме того, Беларусь является одним из крупных производителей данной техники. Лифтостроение – отрасль промышленности, характеризующаяся большой динамикой развития и рентабельностью, но вместе с тем в ней наблюдается и достаточно жесткая конкуренция производителей. Мировой рынок лифтов представлен следующими фирмами [1]: «Отис» (США), конструкции лифтов которой производят в России, Японии, Украине; KONE (Финляндия); «Шиндлер» (Швейцария); Карачаровским механическим и Щербинским лифтостроительными заводами (Россия); Могилевским заводом лифтового машиностроения (Беларусь); Shenyang Brilliant Elevator Co., Ltd (Китай); «Тисен» (Германия); «Пишава» (Польша); «Изамет» (Болгария); Mitsubishi (Япония) и др. Современные темпы развития техники приводят к тому, что продукция быстро морально устареивает, а также изменяются традиционные понятия в данной области, что и обуславливает настоящий анализ существующих

конструкций лифтов, систем управления и тенденций их развития. В зависимости от привода лифты бывают [2, 3]: электрические, гидравлические и пневматические.

Гидравлические лифты уступают лифтам с электрическим приводом, но позволяют разрешать сложные технологические решения, например: круглая (в горизонтальном сечении) кабина; полное отсутствие шахты; вход и выход на сопредельных стенках. К отличительным особенностям гидравлических лифтов [4] относят: плавность хода, точность остановки, возможность прямого воздействия цилиндра при небольшой высоте подъема, а также уникальную возможность установки лифта при наличии одной капитальной (несущей) стенки. Лифты оснащены системой аварийного опускания и открывания при внезапном отключении электроэнергии. Гидравлические лифты используют при небольшой высоте подъема и имеют сложную систему тросов и гидравлических цилиндров, для них не требуется машинное помещение.

Пневматические вакуумные лифты [3] легче, чем обычные, в установке, обслуживании и управлении. Они не требуют земляных работ по оборудованию шахты и установки направляющих для лифта и противовеса. Воздушное давление сверху и снизу лифта и есть ключ к движению. Не надо строить специальную шахту и под ней помещения для подъемного механизма. Все устройство – высокая прозрачная труба из поликарбоната, в которой ходит подъемная кабина-поршень, а сверху укрепляется небольшой вакуумный насос высотой не более 30 см. Поршень, плотно прилегающий к шахте, это потолок кабины, изготовленной в основном из алюминиевого сплава. Так, компания Daytona Elevator (США) [3] специализируется на производстве вакуумных лифтов для коттеджей. Данные лифты монтируются в двух-трехэтажных небольших домах. Двери закрываются герметично, а сама кабина вентилируется снизу. Если нужно ехать вниз, то клапан наверху шахты понемногу впускает воздух в зону разрежения, плавно регулируя скорость спуска. На спуск не затрачивается энергия. Скорость движения лифта – 0,2 м/с, а грузоподъемность – 210 кг. На разных этажах двери могут открываться как в одну сторону, так и в противоположную. Во время входа в лифт и выхода из него кабина фиксируется дополнительными механическими стопорами. Главное преимущество лифта – минимальная переделка дома, небольшая стоимость и быстрая установка. Надежность лифта – высокая, в нем невозможно застрять между этажами или упасть вниз. В лифте установлены датчик разгерметизации и тормоз, смонтированный на крыше кабины. Если отключается электричество, то клапан автоматически закрывается и кабина медленно движется вниз. Единственным заметным недостатком конструкции можно назвать высокий уровень шума – 87 дБ, что сравнимо с весьма шумным пылесосом.

Электрические лифты могут иметь [2]:

- привод тяговый, когда канаты лифта движутся благодаря трению в ручьях приводного шкива лебедки;
- привод с жесткой кинематикой, когда кабина лифта подвешивается к канатам или цепям, приводимым в движение другими способами, а не трением (например, барабанный привод);

- привод с линейным индукционным двигателем (ЛИМ), где движущая сила действует непосредственно на кабину или противовес лифта;

- привод Schindler Mobile®, объединяющий свободно стоящие конструкции колонн и кабину, оборудованную автономным приводом.

Сегодня наибольшее распространение получили лифты с тяговым приводом.

Рынок лифтов представлен следующими типами: пассажирскими (обычными, без машинного помещения, без противовесов и машинного помещения); больничными; грузовыми; панорамными; обзорными; автомобильными; сервисными; скоростными и коттеджными. Из перечисленных многие также могут быть выполнены как с машинным помещением и без него, например грузовые.

Законодателями в лифтостроении являются фирмы «Отис», KONE, «Шиндлер», Mitsubishi.

Так, фирма «Отис» существует на мировом рынке с 1982 г. [5]. Именно в Америке впервые был изобретен ловитель, который сделал фактически безопасным пользование лифтами. В 1903 г. был разработан безредукторный электрический лифт. Мировой рынок обязан данному производителю такими нововведениями, как панорамный, высокоскоростной лифт с двумя кабинами и с перемещением по горизонтали. Создание Эйфелевой башни во Франции было бы невозможно без наклонного лифта, произведенного фирмой «Отис». В 2000 г. появилась модель GeN2 (англ. «второе поколение») – это поистине революционная разработка. Экологически чистый лифт без машинного помещения, не требующий масла, с высоким уровнем комфорта и низким уровнем шума и вибрации. В GeN2 используется армированный полиуретановый ремень, который значительно прочнее стального каната и с большим сроком службы. Запатентованная компанией «Отис» система Pulse непрерывно отслеживает состояние стальных канатов полиуретанового ремня. Малоинерционная лебедка с синхронным двигателем на постоянных магнитах обеспечивает экономии электроэнергии, снижение эксплуатационных расходов и большую точность остановки лифта на этажной площадке. Поскольку лебедка крепится на направляющих, которые в свою очередь закреплены на уровне каждого этажа,

усилия передаются на дно прямка лифта, что снижает нагрузки на стены лифтовой шахты и соответственно оптимизирует затраты на ее строительство. GeN2 Comfort: грузоподъемность – до 1000 кг (13 чел.), максимальная высота подъема – 45 м (максимальное число остановок – 16) и скорость – 1 м/с. По сравнению с гидравлическими лифтами и электрическими с редукторными лебедками лифт имеет значительно меньшие уровни вертикальной и горизонтальной вибраций, а также шума. В данной модели установлена инфракрасная защита дверного проема.

Компания «Отис» расходует около 100 млн дол. ежегодно на новые разработки, что и обуславливает ее постоянную лидирующую позицию в мировом лифтостроении.

Фирма KONE по объему производства занимает 2-е место в Европе и 3-е в мире. Компания выпускает пассажирские лифты для жилых зданий EcoDom, использующие привод KONE EcoDisk® и требующие малое машинное помещение наверху шахты. Лифты без машинного помещения MonoSpace применяют безредукторный привод EcoDisk. Лифты без противовесов и машинного помещения MaxiSpace могут иметь кабину, на треть большую, чем обычные лифты, расположенные в таких же по размерам шахтах. Механизм подъема – KONE PowerDisk™ и инновационные гибкие тросовые блоки с тросами высокой прочности. KONE PowerDisk™ – компактный двигатель, который весит 70 кг. Грузоподъемность скоростного лифта MiniSpace – до 3200 кг, скоростью подъема – 6 м/с, высота подъема – до 180 м. Суперлифт Alta (грузоподъемность – до 10 т, скорость – до 17 м/с, высота подъема – до 500 м) оборудован двухроторным двигателем с минимальным потреблением энергии. Возможно двухпалубное исполнение лифта. Панорамный лифт KONE изготавливается на базе MonoSpace и MiniSpace. Обзорные лифты KONE стоимостью в 1,5–2,0 раза меньше панорамных бывают двух типов: с застекленной только задней частью кабины и/или частично двери; с застекленной одной, двумя или тремя стенами и/или частично двери. Грузовые лифты TranSys имеют грузоподъемность от 1000 до 5000 кг и скорость подъема до 1,6 м/с. Сервисный (малогрузовой) лифт изготавливается на два-пять этажей и имеет грузоподъемность: 5; 50; 100; 250 кг.

Кабины исполняются в проходном варианте (загрузка и разгрузка из противоположных сторон). Автомобильные лифты (грузоподъемность – до 10000 кг, скорость – до 4 м/с, «неограниченная» высота подъема) имеют возможность управления водителем непосредственно из кабины машины. Для коттеджей KONE выпускает следующие модели: EcoDom (дешевый – массового производства), MonoSpace – без машинного помещения, автомобильный лифт, грузовые лифты, пассажирские подъемники без прямка. Основные достижения фирмы – это разработка уникальных лебедок. Революцией в лифтостроении явился привод EcoDisk, не требующий для лифта машинного помещения, потребляющий 60 % электроэнергии по сравнению с обычным, имеющий частотное управление и упрощенное сервисное обслуживание, обеспечивающий плавное и бесшумное движение, обладающий регулируемым пуском и высокой точностью остановки, комфортностью и безопасностью, прост в использовании. Он характеризуется: малыми оборотами двигателя; высокими быстродействием и динамикой; широким диапазоном изменения частоты вращения; возможностью использования во взрывоопасной и агрессивной среде; большими перегрузочной способностью и сроком службы; КПД – более 90 %; низким перегревом двигателя. Компания KONE – лидер в области электропривода лифтов.

Компания «Шиндлер» [5] создала первый в мире лифт без машинного помещения, который не имел канатов и традиционного подъемного оборудования. Движение в лифте осуществлялось за счет колес, которые прижимали его к стенкам шахты. В результате площадь кабины возросла на треть по сравнению с обычной. Модель Schindler 5300 выполнена с приводными ремнями, т. е. это лифт 2-го поколения. Компания «Шиндлер» характеризуется революционными разработками в области управления. Фирмой разработана система Miconic 10TM, обеспечивающая оптимизацию движения. Пассажир вводит на площадке этаж назначения перед входом в кабину лифта. Система управления отправляет конкретную кабину и сообщает пассажиру, к какой лифтплощадке он должен подойти. В результате пассажиры группируются, а количество остановок на пути минимизируется. Таким образом обеспечиваются оптимальное движение

групп лифтов и снижается энергопотребление. Система Schindler ID предназначена для идентификации пассажира по магнитной карточке, которую он вводит на панели при входе в кабину, и тем самым обеспечивает ему доступ на тот или иной этаж. SchindlerMobile® [2] включает в себя свободно стоящую конструкцию вертикальной направляющей стойки и самодвижущееся средство, установленное на кабине лифта. Эта уникальная лифтовая система не нуждается ни в машинном помещении, ни в жесткой шахте как в типовой конструкции лифтов. Передача шума в здание незначительная. Ключевыми компонентами данной конструкции являются две свободно стоящие полые алюминиевые колонны с особыми ходовыми поверхностями для направления кабины вдоль вертикальной траектории. Каждая колонна сбоку поддерживается звукоизолирующими кронштейнами, прикрепленными только к одной стене наверху и плите пола. Самодвижущееся средство состоит из пассажирской кабины, частотно-регулируемого привода и микропроцессорной системы управления. Часть системы состоит из приводных колес с приводным блоком и неприводных колес, расположенных с противоположной стороны колонн, с пружинным механизмом прижатия для создания достаточного сцепления колес фрикционного привода. Этот простой принцип облегчает кабине движение вверх и вниз вдоль колонн без подвесных канатов. Лифт имеет два противовеса, связанных с рамой кабины подвесными канатами, которые двигаются внутри стоек и направляются роликовыми башмаками. Привод состоит из асинхронного электродвигателя, механического редуктора, дискового тормоза и преобразователя частоты. Редуктор представляет собой волновую передачу, отличающуюся высокой эффективностью, низким уровнем шума, небольшими габаритами.

Линейный индукционный привод (LIM) – новая разработка в лифтовой технологии [2]. Могут применяться две основные концепции привода LIM: двигатель линейной индукции составляет часть конструкции противовеса, а механическая связь между кабиной и противовесом осуществляется посредством подвесных канатов, огибающих неприводной шкив наверху шахты. Другой подход к новой концепции – бесканатный лифт с приводом LIM пред-

ложен корпорацией Mitsubishi Electric как эффективное решение вертикального транспорта для сверхвысотных зданий будущего. Инженеры Mitsubishi предлагают систему из нескольких лифтов, движущихся в одной шахте. Линейный двигатель имеет плоскую форму. Статор состоит из четырех частей, симметрично расположенных в шахте вдоль направляющих. Вторая роторная часть двигателя представлена постоянным магнитом, закрепленным на боковых стенках кабины.

Самые быстрые и интеллектуальные лифты производят в Японии две промышленные корпорации Mitsubishi Electric и Toshiba Elevator and Building Systems [6]. По сравнению с обычными при создании этих лифтов конструкторам приходится решать много сложных задач (преодоление сопротивления воздуха в шахте; подавление вибраций разнообразного происхождения и шума; плавный, но быстрый разгон; надежные аварийные системы). Огромной проблемой становится трос, имеющий собственную резонансную частоту колебаний и постоянно меняющуюся по мере разматывания/сматывания. Кабина и противовес выполняются обтекаемыми. Герметичная кабина оборудуется системой кондиционирования, контролирующей давление воздуха внутри кабины и уменьшающей «декомпрессионный» дискомфорт при быстром перемещении по вертикали. Устанавливаются кремниево-азотные керамические тормозные устройства, выдерживающие тысячеградусный нагрев. Гидравлический демпфер на дне шахты имеет ход сжатия 6 м. Специальный подавитель вибрации троса учитывает не только движение лифта, но и колебания самого здания. Система управления меняет не только скорость лифта, но и следит за ускорением/замедлением лифта, расставляет лифты по этажам при отсутствии вызовов. Система, предохраняющая пассажира от защемления дверьми, выполнена на базе лазерных технологий.

## ВЫВОДЫ

Современные конструкции лифтов обусловлены существующими тенденциями развития лифтостроения:

- совершенствованием конструкции всех систем оборудования лифта с целью снижения уровня шума и вибрации в здании и кабине

лифта, а также повышения безопасности и надежности работы, удобства пользования;

- снижением энергопотребления.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. **Портал** [Электронный ресурс]. – [Б.г.]. – Режим доступа: <http://tehportal.com.ua> – Дата доступа: 04.05.2010.

2. **Яновски, Л.** Проектирование механического оборудования лифтов / Л. Яновски; пер. И. А. Иноземцевой; под ред. С. Д. Бабичева: науч. ред. Г. Г. Архангельский. – М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2005. – 333 с.

3. **Daytona Elevator** [Electronic resource]. – Florida, 2004. – Mode of access: <http://www.daytonaelevator.com> – Date of access: 04.05.2010.

4. **Гидравлические лифты**: учеб. пособие для вузов по специальности «Механизация и автоматизация строительства» / Г. Г. Архангельский [и др.]; под ред. Г. Г. Архангельского. – М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2002. – 346 с.

5. **Лифт-Википедия** [Электронный ресурс]. – [Б.г.]. – Режим доступа: [ru.wikipedia.org/wiki/лифт](http://ru.wikipedia.org/wiki/лифт). – Дата доступа: 08.05.2010.

6. **Membrana** |Быстрейшие лифты. Часть... [Электронный ресурс]. – М., [Б.г.]. – Режим доступа: <http://www.membrana.ru/articlars/technic/2004/05/13/161800.html/> – Дата доступа: 08.10.2010.

Поступила 11.05.2010