Записки Ленинградского горного института им.Г.В.Плеханова.
Т. 126. Л., 1991

УДК 622.67.670

МНОГОКАНАТНЫЕ ПОДЪЕМНИКИ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ЛИФТОВ МЕТРОПОЛИТЕНОВ

В.А КАБАНОВ

Существующие эскалаторные подъемники в метрополитенах не справляются с непрерывно возрастающими пассажиропотоками, особенно остро стоит вопрос с перевозкой пассажиров в часы пик. В ряде случаев ограничивается вход или выход на станциях, вплоть до полного их закрытия. Большинство станций глубокого заложения метрополитена Ленинграда (40 из 43) имеют по одному эскалаторному тоннелю, что не отвечает требованиям безопасности пассажиров (пример: трагедия на станции Кинг Кросс в Лондоне). В соответствии с § 28 Правил безопасности [4] из подземных выработок должно быть не менее двух выходов. Принят ряд постановлений об обязательном оснащении станций метрополитенов страны (как действующих, так и проектируемых) вторыми выходами.

Сооружение наклонных эскалаторных тоннелей в качестве вторых, а в ряде случаев - третьих входов, особенно в черте сложившейся плотной городской застройки при строительстве с замораживанием грунта, сопряжено с большими затратами, сложностями по сохранению зданий и сооружений, попадающих в зону осадок. Кроме того, эскалатор пока является несовершенным и дорогостоящим механизмом, обладающим большой металлоемкостью и энергопотреблением, значительной трудоемкостью при обслуживании и ремонтах. По степени безопасности эскалатор является наименее предпочтительным. Обладая рядом очень привлекательных внешних факторов (обозримость, непрерывность действия в определенном направлении и др.), эскалатор требует чрезвычайно строгого соблюдения порядка пользования.

В 1986 г. вновь, по инициативе Ленметрополитена, был поставлен вопрос о возможности применения пассажирских подъемников нового типа - вертикальных лифтов. Предварительные разработки по обоснованию и расчеты параметров лифтового оборудования были выполнены кафедрой рудничных стационарных установок ЛГИ с привлечением специализированных организаций и предприятий, занимающихся разработкой и изготовлением лифтов, а также шахтных подъемных машин. Результаты поисковых работ были представлены 26.II.87 г. технико-экономическому совету Главметрополитена МПС СССР, который вынес положительное решение о целесообразности применения пассажирских лифтов в качестве вторых входов.

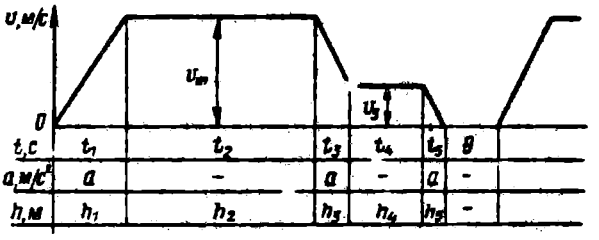


Рис.1. Тахограмма

Изучение пассажиропотоков метрополитенов Ленинграда и Москвы позволило уточнить конкретные исходные данные по отдельным станциям и определить параметры кабин по этажности и вместимости для различных режимов функционирования (в часы пик и при нормальной работе). Выведены обобщенные формулы для определения этих параметров с помощью ЭВМ.

В соответствии с 5-периодной тахограммой (рис.I), полагая ускорение и замедление одинаковыми, а также назначая время дотяжки t_4, будем иметь следующие выражения для определения пассажиропотоков, обеспечиваемых лифтами:

при нормальном режиме работы

$$A_{норм} = \frac{3600}{k_н} n_э n_л A_{эт} \frac{1}{2\left(\frac{H}{v_m} + \frac{v_m}{a} + t_4 + \frac{\Delta t_п}{z} A_{эт} + t_в\right)}; \qquad (I)$$

в часы пик

$$A_{пик} = 3600 n_э A_{эт} \left[\frac{k_п n'_л}{2\left(\frac{H}{v_m} + \frac{v_m}{a} + t_4 + \frac{k_п \Delta t_п}{2z} A_{эт} + t_в\right)} + \frac{n''_л}{2k_н\left(\frac{H}{v_m} + \frac{v_m}{a} + t_4 + \frac{\Delta t_п}{z} A_{эт} + t_в\right)}\right], \qquad (*)$$

где $A_{эт}$ – номинальная вместимость одного этажа кабины, чел.; $n_э$ – число этажей кабины, n = I или 2; $n_л$ – число лифтов на входе станции, обычно $n_л$ = 4 в двух стволах; H – высота подъема, м; v_m – максимальная скорость кабины, м/с; a – ускорение или замедление, м/с^2; t_4 – время дотяжки, с; $\Delta t_п$ – удельная пауза на вход или выход одного пассажира, $\Delta t_п$ = = 0,5 с; $t_в$ – время рассогласования при двухэтажной кабине, $t_в$ = 5 с; z число дверей для сквозного прохода в кабине; $k_п$ – коэффициент перегрузки допускаемый $k_п$ = I,I; $k_н$ – коэффициент неравномерности, $k_н$ = I,05.

В часы пик часть кабин $n'_л$ используется для перевозки пассажиров в одном направлении, а остальные $n''_л$ – в обоих направлениях, при этом последние с коэффициентом неравномерности $k_н$ = I,05, а первые с перегрузкой $k_п$ = I,I. Общее количество кабин $n_л = n'_л + n''_л$, за исключением резерва или ремонта.

Номинальную вместимость одного этажа кабины $A_{эт}$ по заданному пассажиропотоку и другим основным параметрам определим путем преобразования уравнения (2), введя обозначение суммы:

$$\frac{H}{v_m}+\frac{v_m}{a}+t_4+t_в=B;$$

$$A_{пик}=3600\,n_э A_{эт}\left[\frac{k_п n_л}{2B+2\dfrac{k_п\Delta t_п}{2z}A_{эт}}+\frac{n''_л}{k_н 2\left(B+\dfrac{\Delta t_п}{z}A_{эт}\right)}\right].$$

Проведя преобразования относительно искомой величины $A_{эт}$, получим:

$$\left[2A_{пик}k_н\frac{k_п\Delta t_п^2}{z^2}-3600(2k_н n'_л+n''_л)n_э k_п\frac{\Delta t_п}{z}\right]A_{эт}^2+$$

$$+\left[2A_{пик}k_н B\frac{\Delta t_п}{z}(k_п+2)-7200n_э B(k_п k_н n'_л+n''_л)\right]A_{эт}+4BA_{пик}l_н=0. \qquad (3)$$

Зависимость (3) представлена квадратным уравнением относительно величины $A_{эт}$.

Для наиболее нагруженных станций метрополитенов Ленинграда и Москвы характерны пассажиропотоки в часы пик от 15 до 34 тыс. пассажиров в час. При обосновании доли пассажиропотока, воспринимаемого лифтами из общего с эскалаторами пассажиропотока станции, использованы экспериментальные данные, полученные ВНИИЭТ и МИСИ [1]. Фактическая производительность одной ленты эскалатора при скорости около 1 м/с составляет в часы пик 6 тыс. пассажиров в час.

По формуле (2) определена пропускная способность лифтового входа для четырех лифтов, но один из них в резерве. С учетом производительности одной ленты эскалатора выявилась потребность для станций Ленинграда и Москвы в четырех типоразмерах лифтов по вместимости кабин: один этаж на 50, один на 75, два на 50 и два на 75 человек. Два последних типоразмера двухэтажных кабин, что весьма желательно, могут быть исключены, если предусмотреть на наиболее загруженных станциях по шесть лифтов в трех стволах.

В соответствии с требованиями техники безопасности [5] оснащение вертикального шахтного ствола двумя независимыми лифтами предопределяет принципиальную схему "лифт – кабина с противовесом". На рис.2: 1 – подъемная машина с интегрированным (встроенным внутрь органа навивки) синхронным электродвигателем: 2 – подъемные канаты; 3 – противовес; 4 – уравновешивающие канаты; 5 – кабина (одно- или двухэтажная); 6 – четыре двери для сквозного прохода пассажиров; 7 – пятая дверь для эвакуации в соседний лифт в случае остановки.

Новым в области создания многоканатных шахтных подъемных машин является применение встроенного внутрь органа навивки синхронного двигателя.

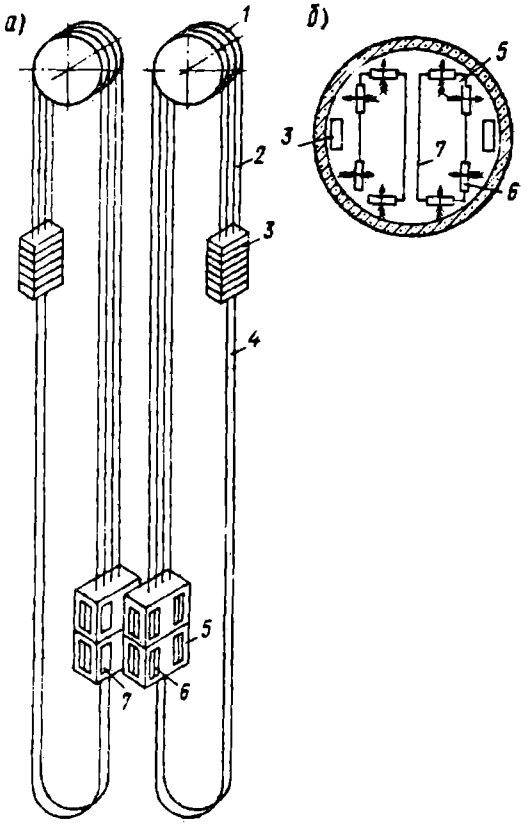


Рис.2. Подъемная установка: а - принципиальная схема; б - сечение ствола с двумя лифтами

В настоящее время известны случаи использования синхронных двигателей концерном АВВ (Швеция) для шахтных подъемных машин [7], а в ФРГ - с интегрированным синхронным двигателем, сделанным в 1988 г. фирмами Гутехоффнунгсхютте и Сименс на шахте Хаус Аден [6]. Частота вращения регулируется за счет изменения частоты питающего переменного тока. Такой привод по сравнению с двигателем постоянного тока отличается компактностью электромеханического агрегата, уменьшением капитальных затрат и эксплуатационных расходов на 20-10 % и не нуждается в больших объемах технического обслуживания, так как отсутствует многоэлементный коллектор. Компактность конструкции позволяет уменьшить размеры машинного помещения и фундамента под агрегат, его жесткость и стоимость.

Параметры лифтов

Показатели	Одноэтажная кабина		Двухэтажная кабина	
	1 х 50 чел.	1 х 75 чел.	2 х 50 чел.	2 х 75 чел.
Масса людей, т	4	6	8	12
Масса кабины, т	6	9	12	17
Подъемная машина				
диаметр шкива, м	1,6	1,6	1,6	1,9
число канатов, шт.	4	4	4	6
Скорость при H = 50/100 м, м/с	4-5	4-5	4-5	4-5
Двигатель				
мощность при H = 50/100 м, кВт	100-130	160-200	210-260	300-360
частота вращения при H = 50/100 м, мин$^{-1}$	48-60	48-60	48-60	40-50

Планировочные и некоторые конструктивные решения для лифтов метрополитенов изложены в публикациях журнала "Метрострой" [2,3].

В таблице приведены основные параметры лифтов, выявленные в процессе предварительных расчетов.

Для создания опытной партии лифтов и последующего их промышленного изготовления целесообразно привлечь зарубежные фирмы, специализирующиеся на технике шахтного и лифтового оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Еремеев Ю., Белов Е., Хлопшевников В. Выбор оптимальной производительности эскалаторов //Метрострой, 1989, № 1.

2. Кабанов В.А. Вертикальные пассажирские лифты для метрополитенов // Метрострой, 1990, № 2.

3. Кабанов В.А. Лифты метрополитенов. Принципиальная схема с интегрированным электродвигателем // Метрострой, 1990, № 3.

4. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М.: Недра, 1973.

5. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов (ПУБЭЛ). М.: Недра, 1971.

6. Уберт В. Подъемная машина с интегрированным синхронным двигателем / Глюкауф 1988, 23/24.

7. ABB Mine Hoists. Safe and reliable. Modern AC and DC motor drive sistems. Pamphlet A08-7001 E, 1988.