

4. Григоров М.А., Гаврилов Э.В., Григорова Т.М., Доля В.К. Прогнозирование расчетных характеристик для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог. – Херсон: Надднепряночка, 2006. – 192 с.

5. Антомонов Ю.Г. Принципы нейродинамики. – К.: Наук. думка, 1974. – 200 с.

6. Ферстер Г. О самоорганизующихся системах и их окружении // В кн. Самоорганизующиеся системы. – М.: Мир, 1964. – С.160-165.

7. Петров Б.Н., Уланов Г.Н. и др. Теория моделей в процессах управления. – М.: Наука, 1978. – 242 с.

8. Коган А.Б. Биологическая кибернетика. – М.: Высш. шк., 1972. – 382 с.

*Получено 19.03.2007*

УДК 629.421

Л.М.КРУТИЙ, канд. техн. наук

*Харьковский университет Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба*

Н.А.ГОЛТВЯНСКИЙ, канд. техн. наук, В.В.ДИБРОВНИЙ

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНО-ПОРШНЕВЫХ ЭЛЕКТРОКОМПРЕССОРОВ НА ТРОЛЛЕЙБУСАХ**

Анализируется применение поршневых электрокомпрессоров в пневмосистемах троллейбусов и показана целесообразность внедрения роторно-поршневых компрессоров с приводом от маховичного асинхронного электродвигателя, подключенного к контактной сети через инвертор.

Для привода возвратно-поступательных механизмов на транспортных средствах, в том числе на городском электротранспорте, в частности, на троллейбусах применяются пневматические системы. Они конструктивно достаточно просты, надежны, экологически чисты и экономичны, обладают достаточным быстродействием при приемлемых габаритах; их тяговые характеристики хорошо согласуются с характеристиками исполнительных механизмов. Рабочим телом является сжатый до 0,6 МПа ( $6 \text{ кгс/см}^2$ ) атмосферный воздух.

Область применения механизмов с пневматическим приводом на троллейбусах все время расширяется:

- на троллейбусах типа ЗиУ-682Б [1] в пневмосистему входят подсистемы торможения и пневмоподвески;
- на троллейбусах типа ЗиУ-682В и ЗиУ-682В1 [2] появляются еще дополнительно механизмы открытия и закрытия дверей;
- на перспективных троллейбусах типа ЮМЗ Т3-к [3] предусматриваются системы очистки стекол, опускания пола на остановках для увеличения коммерческой скорости троллейбуса и автоматического регулирования сил торможения;
- на румынских троллейбусах типа DAC 217E [4] сжатый воздух используется для привода силовых контакторов (пример применения энергосберегающих технологий);

- на французских троллейбусах фирмы “Raitech” [5] внедрена пневматическая система аварийной уборки штанговых токоприемников.

Так как сжатый воздух получается компримированием атмосферного воздуха, то он содержит влагу, которая конденсируется в баллонах и трубопроводах и в холодное время года приводит к их замораживанию. Для исключения замораживания элементов пневмосистемы применяется осушение сжатого воздуха путем понижения его температуры до температуры окружающего воздуха в теплообменниках – радиаторах. Дальнейшее понижение влагосодержания ниже точки росы достигается впрыскиванием в сжатый воздух спиртоглицериновой смеси или применения поглотителей влаги: силикагеля или цеолитов [6]. Для удаления влаги из влагопоглотителей дополнительно расходуется сжатый воздух.

Источником рабочего тела – сжатого воздуха являются одноступенчатые поршневые компрессоры с приводом от электродвигателей постоянного тока, подключенных к контактной сети. К электрокомпрессорам троллейбусов предъявляются требования: повышение производительности, снижение массогабаритных параметров, упрощение конструкции, повышение ресурса и надежности.

Это может достигаться путем модернизации применяемых в настоящее время на транспорте электрокомпрессоров или внедрения освоенных промышленностью или разработанных принципиально новых типов электрокомпрессоров. Для этого рассмотрим ряд известных компрессоров, параметры которых приведены в таблице.

Основные характеристики компрессоров [7]

Параметры	ЭКВ-4М	ЭКВО-0,3	РПК-400
Объемная производительность, м <sup>3</sup> /мин	0,3	0,3	0,4
Давление сжатого воздуха, кгс/см <sup>2</sup>	8	8	8
Частота вращения вала, об/мин	330	1130	1420
Потребляемая мощность, кВт	2,7	2,7	4,3
Габаритные размеры, мм			
длина	970	350	200
ширина	623	680	240
высота	442	400	275
Масса сухого компрессора, кг	120	60	30

Электрокомпрессор ЭКВ-4М послевоенной разработки применяется на всех отечественных троллейбусах. Он представляет собой одноступенчатый, двухцилиндровый с рядным горизонтальным расположением цилиндров, с четырехклапанным газораспределительным механизмом и с приводом через двухступенчатый редуктор от коллек-

торного двигателя постоянного тока типа ДК-408 [8]. Оригинальность конструкции электрокомпрессора заключается в его компоновке – как единого агрегата компрессор-редуктор-двигатель, причем корпус двигателя является несущим элементом всего агрегата.

Компрессор ЭКВО-0,3 одноступенчатый, оппозитный с горизонтально расположенными цилиндрами, с пластинчатым газораспределительным механизмом, причем каждый из двух цилиндров имеет свой газораспределительный механизм. Привод осуществляется от того же двигателя ДК-408 напрямую без редуктора. Модификации электрокомпрессора зависят от вида его соединения с двигателем и от типа маховика.

Роторно-поршневой компрессор типа РПК [9] имеет статор, рабочая поверхность которого выполнена по однодуговой эпитрохоиде, и двухвершинный внутренний огибающий ротор-поршень. Ротор совершает планетарное движение: вращается вокруг собственной оси, совпадающей с осью эксцентрикового вала, который в свою очередь вращается вокруг оси приводного вала. Корпус с эпитрохоидной рабочей поверхностью вместе с боковыми крышками и вращающимся ротором образует две камеры переменного объема. Поступающий через впускное окно воздух сжимается в камерах и нагнетается через нагнетательный клапан в магистраль. Синхронизация вращения ротора и эксцентрикового вала осуществляется зубчатой передачей внутреннего зацепления с передаточным числом 1:2. Большая шестерня является деталью ротора, а малая жестко связана с неподвижной крышкой. Ротор вращается в два раза медленнее эксцентрикового вала и в том же направлении. Наличие одного нагнетательного клапана язычкового типа позволяет сделать компрессор быстроходным, так как быстроходность компрессоров определяется газораспределительным механизмом [10].

Одним из важных показателей любого механизма является его уравновешенность, т.е. неизменность положения центра масс. Периодическое его изменение вызывает колебание (вибрацию) механизма. Уравновешенность компрессоров зависит от величины возвратно-поступательных двигающихся масс, расположения цилиндров и формы коленчатого вала [11]. Из анализа кинематических схем компрессоров (рис.1) видно, что у двухцилиндровых рядных компрессоров типа ЭКВ силы инерции первого порядка уравновешены, так как они равны и направлены в противоположные стороны, но они создают вращающий момент переменной величины в плоскости цилиндров, а силы инерции второго порядка не уравновешены, хотя и равны между собой, но направлены в противоположные стороны, а суммарный мо-

мент, создаваемый ими, равен нулю; у оппозитных компрессоров силы инерции первого и второго порядка всегда уравновешены, но моменты этих сил неуравновешены. Из-за относительно малого смещения осей цилиндров моменты сил инерции в оппозитном компрессоре меньше моментов рядного компрессора, поэтому и уровень вибрации оппозитных компрессоров меньше. В роторно-поршневых компрессорах необходимо уравновешивать только силы инерции вращающихся масс, что достигается применением противовесов.

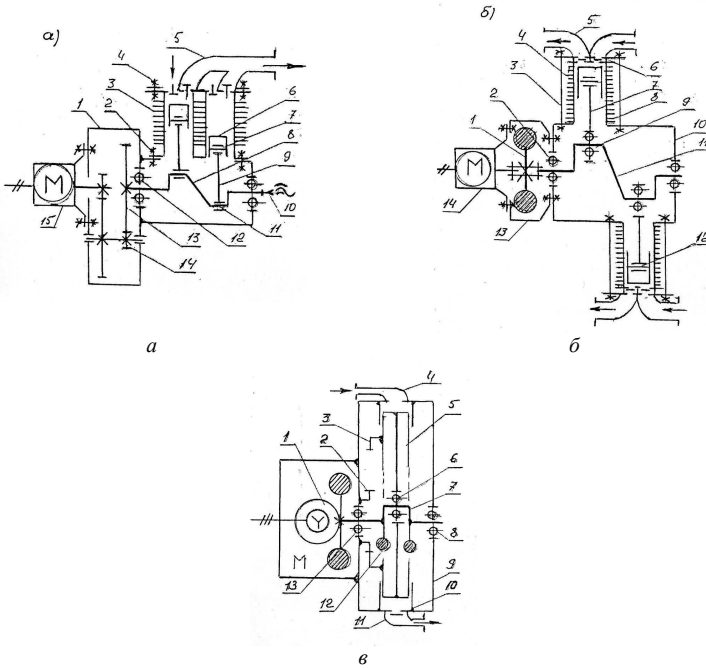


Рис.1 – Кинематические схемы электрокомпрессоров:

*а* – ЭКВ-4М: 1 – корпус; 2,4 – шпильки; 3 – блок цилиндров; 5 – головка цилиндра с клапанным механизмом; 6 – поршень; 7 – палец поршневой; 8 – коленчатый вал; 9 – шатун; 10 – упор; 11 – подшипник шатунный; 12 – подшипник коленчатого вала; 13 – шестерня; 14 – блок шестерни; 15 – электромотор; *б* – ЭКВО-0,3/8: 1 – маховик; 2 – подшипник коренной; 3 – шпилька анкерная; 4 – цилиндр; 5 – патрубок; 6 – коробка пластинчатых клапанов; 7 – шатун; 8 – ребра охлаждения; 9 – подшипник шатунный; 10 – корпус; 11 – вал коленчатый; 12 – поршневая группа; 13 – картер маховика; 14 – электромотор; *в* – РПК: 1 – электродвигатель маховичный, обращенный асинхронный трехфазный; 2 – шестерня неподвижная; 3 – колесо; 4 – патрубок всасывающий; 5 – ротор; 6 – подшипник ротора; 7 – вал эксцентриковый; 8 – подшипник ротора; 9 – щит компрессора; 10 – клапан нагнетательный язычкового типа; 11 – магистраль нагнетания; 12 – противовес; 13 – подшипник двигателя.

Из приведенной выше таблицы видно, что роторно-поршневые компрессоры имеют значительно лучшие массогабаритные показатели. Кроме того, у них количество оригинальных деталей примерно в 2 раза, а общее число деталей в 1,5 раза меньше, чем у обычных поршневых компрессоров [12].

Производительность роторно-поршневого компрессора можно увеличивать изменением только его толщины при неизменных остальных габаритных размерах [13]. При увеличении производительности соответственно изменяются проходные сечения газового тракта, масса и мощность приводного электродвигателя. Поэтому при серийном производстве роторно-поршневых компрессоров не требуется сложная переналадка оборудования завода-изготовителя.

Основной недостаток роторно-поршневых компрессоров – уплотнение ротора, но благодаря работам немецкого инженера Феликса Ванкеля этот вопрос успешно решен [14].

Из изложенного выше следует, что применение роторно-поршневых компрессоров на подвижном составе городского электрического транспорта целесообразно.

Теперь необходимо выяснить вопрос о рациональной конструкции всего агрегата, в том числе и электродвигателя.

Электродвигатель ДК-408 [15] – двухщеточная четырехполюсная машина постоянного тока последовательного возбуждения специального назначения. Ее отличительная особенность – литой корпус стаканообразной формы, что обеспечивает повышенную жесткость всей конструкции агрегата. Подшипниковый щит со стороны отбора мощности является не только составной частью корпуса двигателя, но и частью корпуса редуктора. Щеточный узел расположен на поворотной траверсе, что позволяет улучшить коммутацию, путем установки щеток на физическую нейтраль и исключить добавочные полюса. Основной недостаток – значительная масса 157 кг при мощности 2,7 кВт. Кроме того, ему присущи все недостатки коллекторных машин.

Используя положительные инженерные решения двигателя ДК-408 и идею синхронного маховичного генератора [16] можно создать специализированный асинхронный двигатель с инвертором [17] для включения в контактную сеть постоянного тока городского электротранспорта. Двигатель должен быть общепромышленного назначения, т.е. с трехфазным напряжением 220 В промышленной частоты 50 Гц. Такое решение позволит запустить двигатель в серийное производство. Конструкция статора выполнена с наружными пазы, что упрощает вставку фазных обмоток в пазы. Для работы на постоянном

токе двигатель к сети постоянного тока включается через инвертор. Тиристоры располагаются на траверсе заднего подшипникового щупа, что обеспечивает их хорошее охлаждение.

На кафедре «Городской электрический транспорт» Харьковской национальной академии городского хозяйства для троллейбусов был разработан (рис.2) и запатентован [18] электрокомпрессор, обладающий рядом оригинальных инженерных решений: компрессор роторно-поршневой, асинхронный двигатель маховичного типа с повышенной механической жесткостью корпуса и инвертор.

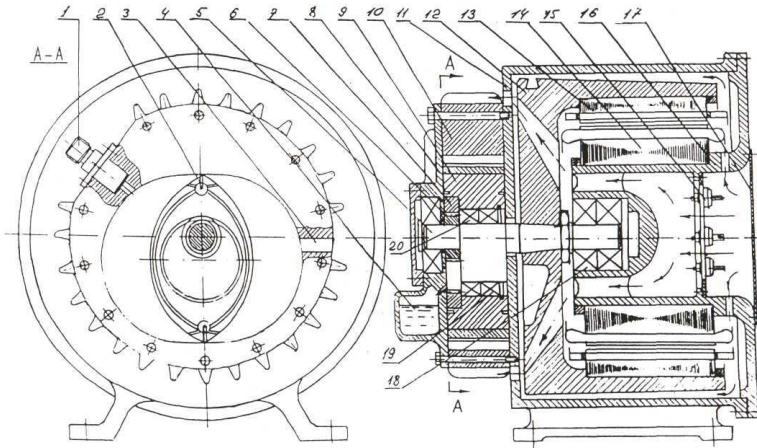


Рис. 2 – Роторно-поршневой электрокомпрессор [18]:

1 - клапан нагнетательный; 2 - уплотнения газовые; 3 - канал впускной; 4 - ванна с маслом; 5 - вал эксцентриковый; 6 - шестерня неподвижная; 7 - колесо; 8 - щит передний; 9 - ротор компрессора; 10 - корпус компрессора; 11 - корпус электродвигателя; 12 - маховик; 13 - ротор асинхронного электродвигателя; 14 - якорь асинхронного электродвигателя; 15 - тиристор; 16 - щит электродвигателя; 17 - сетка защитная; 18 - подшипник электродвигателя; 19 - подшипник ротора компрессора; 20 - подшипник эксцентрикового вала компрессора.

Таким образом, предлагаемый электрокомпрессорный агрегат на базе роторно-поршневого компрессора с асинхронным маховичным двигателем в сочетании с инвертором может найти применение на подвижном составе электрического транспорта (троллейбусах, вагонах метрополитена, железнодорожных электропоездах).

1.Троллейбус пассажирский ЗиУ-682Б. – М.: Транспорт, 1977. – 208 с.

2.Троллейбусы пассажирские ЗиУ-682В и ЗиУ-682В1. Руководство по эксплуатации 6828-390 2005РЭ. – Саратов: Саратовоблмашинформ, 1985. – 299 с.

3. Эскизный проект "Троллейбус гражданский большой вместимости двухсекционный с пониженным уровнем пола ЮМЗ ТЗ-к". – Днепропетровск, 1992. – 322 с.
4. Инструкция по эксплуатации и обслуживанию троллейбуса ДАС-217Е. – Бухарест: Аутобузил, 1989. – 273 с.
5. Патент FR 5/25 №2.664.214. Топоприемник для железнодорожного транспорта. Публикация 91.01.10 №2.
6. БСЭ. Т.28. – М.: Советская энциклопедия, 1978. – 616 с.
7. Перспективы применения роторно-поршневых компрессоров на троллейбусах: Отчет по госбюджетной научной работе кафедры ГЭТ / Л.М. Крутий, Н.А. Голтвянский, П.М. Пушков, В.Г. Безуглый. – Харьков: ХГАГХ, 2000. – 20 с.
8. Крутий Л.М., Голтвянский Н.А., Безуглый В.Г. Повышение надежности работы двигателя ДК-408 // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.18. – К.: Техніка, 1999. – С.193-195.
9. Сухомлинов В.М. Трохоидные роторные компрессоры. – Харьков: Высш. шк., 1975. – 152с.
10. Френкель М.И. Поршневые компрессоры. Теория, конструкция, основы проектирования. – М. - Л.: Машгиз, 1960. – 655 с.
11. Источники и первичные преобразователи энергии / В.К. Терещенков, Б.Т. Кононов, Л.М. Крутий и др. – М.: МО СССР, 1979. – 554 с.
12. Долгалев В.А., Солнок А.А., Крутий Л.М., Голтвянский Н.А., Безуглый В.Г. Об установке на троллейбусах отечественного производства двухуголового роторно-поршневого компрессора // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.18. – К.: Техніка, 1999. – С.178-181.
13. Яминский В.В. Роторные компрессоры. – М.: Машиностроение, 1960. – 222 с.
14. Хамин Н.С., Чистозонов С.Б. Автомобильные роторно-поршневые двигатели. – М.: Машгиз, 1964. – 184 с.
15. Дорогуш Г.И. Электродвигатели трамвая и троллейбуса. – М.-Л.: Энергия, 1964. – 64 с.
16. Дизельные и карбюраторные электроагрегаты и станции: Справочник / Под ред. В.А. Андрейкова. – М.: Машиностроение, 1973. – 544 с.
17. Справочник по преобразовательной технике / Под ред. И.М. Чиженко. – К.: Техніка, 1978. – 447 с.
18. Патент UA №33822A «Электрокомпрессор» Бюл. №1, 2001 г.

*Получено 19.03.2007*

УДК 530.19

С.С.СЕЛІВАНОВ, д-р техн. наук

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

В.Е.АБРАКІТОВ, канд. техн. наук

*Харківська національна академія міського господарства*

## **ЗАХИСТ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ ВІД ТРАНСПОРТНОГО ШУМУ**

Запропоновано в якості засобу захисту від транспортного вуличного шуму, використати облицювання звукопоглинаючими матеріалами саме горизонтальних поверхонь фасадів. Звукова енергія, що поступає від джерел шуму, попадаючи на нижню поверхню балконних плит (плит лоджій, нижні поверхні кондиціонерів, підвіконники тощо та всі інші горизонтальні елементи, що виступають на деякій висоті над зашумованим простором), не відбивається від неї, а залежно від величини коефіцієнта звукопоглинання застосованого матеріалу в тому чи іншому ступені поглинається в шарі звукопоглинача,