

02, февраль 2016

УДК 697.94

Обзор наземных установок для охлаждения кабин воздушных судов

*Савельева С.К., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Холодильная, криогенная техника. Системы кондиционирования и
жизнеобеспечения»*

*Научный руководитель: Леонов В.П., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Холодильная, криогенная техника. Системы кондиционирования и
жизнеобеспечения»
crio@power.bmstu.ru*

Каждое воздушное судно требует для своего обслуживания в аэропорту огромного числа установок, таких как топливозаправщики, буксировщики, источники питания самолетов, погрузчики, а также установки наземного кондиционирования. Последние играют значительную роль в создании комфортных условий для дальнейшего пребывания пассажиров на борту. Эти установки и являются предметом исследования в данной статье.

Разумеется, каждый авиалайнер имеет свою бортовую систему кондиционирования. Она позволяет поддерживать микроклимат на борту в течение полета, очищая воздух от углекислого газа, вырабатываемого при дыхании пассажиров, и не позволяя воздуху в кабине нагреваться. Такие бортовые системы используют для своей работы дополнительный бортовой блок питания – вспомогательную силовую установку или ВСУ (в зарубежной литературе - *auxiliary power unit* или *APU*).

Однако кондиционер требуется воздушному судну не только во время движения. Наиболее популярный период авиаперелетов приходится на летние месяцы, когда самолету приходится длительное время проводить на жаре аэродрома. В Москве в последние годы средняя летняя температура колеблется от плюс 26 до плюс 32 °С, а единичные значения могут достигать отметки в плюс 35 °С. В связи с этим за время стоянки (от 2 часов до нескольких суток) воздух в салоне нагревается за счет конвекции от окружающей среды и солнечного излучения через обшивку авиалайнера, при этом температура может достигнуть плюс 50 градусов, т.е. необходимо охлаждение воздуха.

Зимой же напротив необходимы системы, способные разогреть салон до комфортной температуры.

Попытка использования для этих целей внутреннего бортового кондиционирования во время стоянки приведет к существенному увеличению шума в аэропорту от работающей ВСУ, а также будет малоэффективной. Для улучшения этих показателей и используются наземные аэродромные кондиционеры (в англоязычной литературе – *pre-conditioned air systems* или *PCA*). К примеру, уровень шума снижается приблизительно с 80 дБ для ВСУ до 70 дБ для наземной установки, что в условиях работы большого количества машин является существенной разницей [1].

Аэродромные кондиционеры выполняются в виде установок различных типов. Их можно классифицировать в зависимости от рабочего тела: это могут быть хладоновые или воздушные кондиционеры. Машины, работающие на хладонах, применяют гораздо чаще из-за более высоких КПД установок по сравнению с воздушными, примерно до 4-6 раз [2].

Кроме того аэродромные кондиционеры могут быть мобильными или стационарными. На данный момент в России и за рубежом наиболее популярны мобильные кондиционеры. Их в свою очередь можно разделить на прицепные установки, т.е. монтирующиеся на прицепных тележках, или самоходные, т.е. крепящиеся на самоходных шасси. Среди преимуществ использования прицепных кондиционеров можно назвать отсутствие дежурного шофера в течение охлаждения кондиционером кабины самолета (около 80 % рабочего времени установки), возможность буксировки прицепа почти любой машиной парка обслуживания, что ведет к сокращению типоединиц и т.д. Однако на практике более удобными оказались самоходные компрессоры, установленные на шасси грузовых автомобилей, что связано с большей надежностью при транспортировке кондиционера на удаленные расстояния стоянок самолетов.

Стационарные кондиционеры не получили такого распространения, как мобильные. Причиной этого является имеющийся недостаток, связанный с необходимостью самолета подъезжать к установке или, наоборот, со сложностью размещения установки как можно ближе к стоянке самолета. Это может увеличить время подготовки самолета к рейсу. Однако такие кондиционеры имеют существенное преимущество перед мобильными, о чем будет рассказано далее.

На сегодняшний день сферу аэродромного кондиционирования затрагивают две проблемы, присущие современным аэропортам: рост числа перевозок, а как следствие – загруженность аэропортов техникой и увеличение числа необходимого персонала, а также проблема загрязнения окружающей среды службами аэропорта.

Первая проблема связана с ежегодным увеличением числа туристов и спроса на авиабилеты. По данным пресс-центра международного Московского аэропорта Внуково за период с 1 июня по 31 августа 2013г. аэропортом было обслужено 3566 тысяч пассажиров или 45,316 тысяч рейсов, в то время как за тот же период в 2014 году было перевезено 4280 тысяч пассажиров, т.е. сделана 47,1 тысяча рейсов [3]. Более подробная статистика по месяцам представлена на рисунке 1.

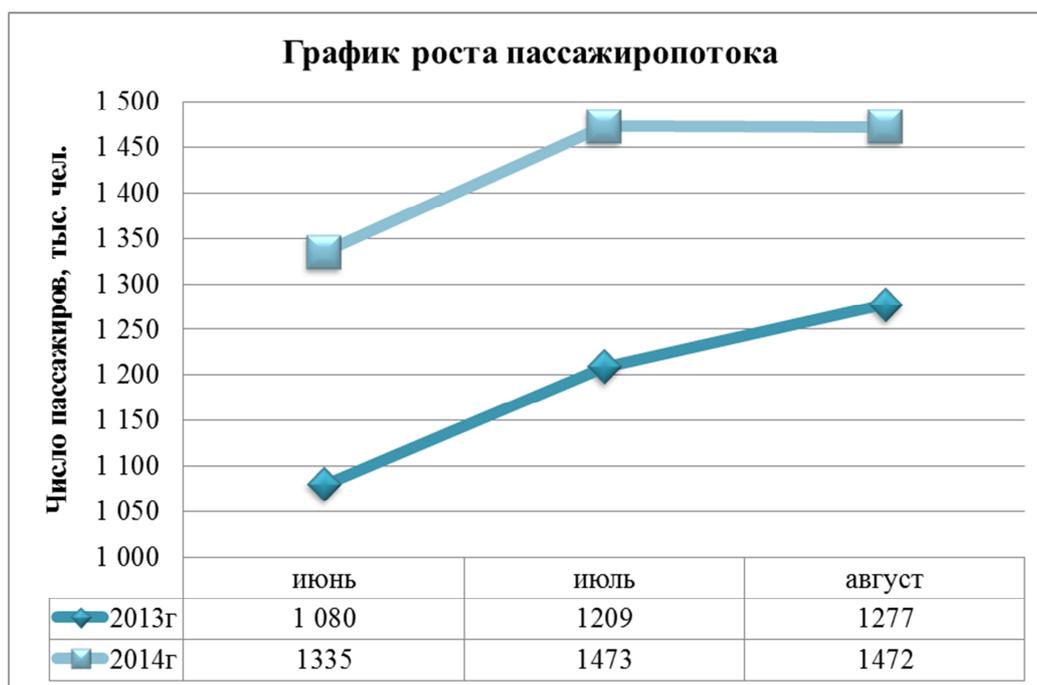


Рис. 1. Статистика числа обслуживаемых пассажиров аэропорта Внуково за летние месяцы 2013 и 2014 годов, тыс. чел.

Такая загруженность аэропорта предполагает наличие огромного количества вспомогательной техники, постоянно присутствующей на аэродроме. По сведениям из доклада генерального директора ОАО «Аэропорт Внуково» В. Е. Александрова на конференции, посвященной готовности аэропорта к весенне-летнему периоду, всего с учетом техники авиакомпаний на аэродроме одновременно работает от 200 до 250 машин. Каждая машина требует постоянного присутствия водителя, что существенно увеличивает финансовые затраты аэропорта.

Решить данную проблему помогает частичный переход с использования мобильных кондиционеров на стационарные установки. В связи с озвученным ранее недостатком таких кондиционеров главной задачей является продуманное расположение установок вблизи парковочных мест на аэродроме. Однако решения этой задачи уже существуют и применяются за рубежом. На данный момент имеются два варианта

выполнения стационарных установок, позволяющие оптимизировать процесс кондиционирования по времени. Первый вариант – это использование стационарной установки подвешенного типа, изображенной на рисунке 2 слева. Она закрепляется с нижней стороны телескопического трапа, таким образом, обслуживая самолет, стыкующийся к нужному выходу аэровокзала. Такие установки удобно обслуживать, так как они находятся непосредственно около здания аэропорта, а также не требуется дополнительных перемещений самолета.



Рис. 2. Аэродромный кондиционер фирмы AXA Power стационарного подвешенного типа (слева) и аэродромная ПИТ система компании CAVOTEC (справа)

Второй вариант, довольно новый, это монтирование подсамолетных бункерных комплексов или ПБК. ПБК представляет собой технологический бункер или подземную галерею, в которой может размещаться оборудование, предназначенное для наземного обслуживания воздушных судов, в том числе системы кондиционирования и подачи воздуха. Шланги от подземного оборудования подаются к самолету через специальные механические системы лифтов или крышек, называемые ПИТ-системами (рис. 2, справа). Наличие подземных галерей позволяет существенно разгрузить полотно аэродрома. В этом случае кондиционер может располагаться в любом месте стоянки.

Другая проблема, касающаяся систем аэродромного кондиционирования, экологическая. Аэропорты должны придерживаться определенных экологических норм и разрабатывать мероприятия по охране окружающей среды, используя менее загрязняющее оборудование. Давно известно, что хладаенты, используемые в качестве рабочих веществ установок, крайне негативно влияют на озоновый слой. Экологическая оценка хладаентов проводится по двум факторам: *ODP* – озоноразрушающий потенциал, и *GWP* – потенциал глобального потепления. Чем эти факторы выше, тем негативнее влияние хладаента на

соответствующий фактор. В таблице 1 приведены значения этих факторов для различных холодильных агентов [4].

Таблица 1

Значения показателей ODP и GWP для некоторых хладонов

Обозначение	Химическая формула	ODP	GWP
R12	CCl_2F_2	1,00	8500
R22	CHClF_2	0,05	1700
R114	$\text{CClF}_2\text{-CClF}_2$	1,00	9300
R124	CHClF-CHF_3	0,03	480
R134a	$\text{CF}_3\text{-CH}_2\text{F}$	0,00	1300
R142b	$\text{CH}_3\text{-CClF}_2$	0,06	2000
R502	R22/R115	0,18	4510
R504	R32/R115	0,133	2900

Переход на воздушные кондиционеры, как было сказано ранее, повлек бы за собой существенное уменьшение КПД. Тогда необходимо искать новые хладагенты, обладающие наименьшими значениями вышеназванных показателей. Таким хладагентом мог бы стать *1234yf* или гидрофторолефин, химическая формула которого $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_4$. Названный холодильный агент является достаточно новым. Он был разработан компаниями DuPont Refrigerant и Honeywell и первоначально начал использоваться в автомобильных кондиционерах, чтобы заменить наиболее часто применяющийся хладон *R134a*, чей $\text{GWP}=1300$. Экологические показатели хладона *1234yf* крайне низкие: $\text{ODP}=0$, $\text{GWP}=4$. Из-за столь хороших свойств он активно исследуется и внедряется в разные холодильные установки.

Его эффективность как рабочего вещества в цикле немного меньше, чем у хладона *R134a*, однако эта разница не очень велика. Расчет двухступенчатого цикла с промежуточным отбором пара с экономайзером с температурой конденсации плюс 45°C , и температурой кипения плюс 5°C для двух этих хладонов показывает, что холодильный коэффициент в случае применения *R134a* равен 6,2, в то время как для *1234yf* этот показатель равен 6,1. Для расчета была использована $\ln(p)$ - i диаграмма *1234yf* с сайта фирмы DuPont, которая была построена по экспериментальным данным [5]. Графический метод может давать дополнительную погрешность, в связи с чем можно считать

эффективности данных хладагентов почти одинаковыми. В таком случае хладон *1234yf* является перспективной альтернативой другим рабочим веществам.

Таким образом, одним из важнейших путей дальнейшего развития техники аэродромного кондиционирования является разработка стационарных аэродромных кондиционеров, работающих на озонобезопасном хладоне, таком как, например, *1234yf*, а также дальнейшее введение в эксплуатацию таких установок в аэропортах России. Принятые меры не только позволят оптимизировать работу аэропорта, уменьшив количество необходимой передвижной техники, но и будут способствовать частичному решению важных экологических проблем в районе его расположения.

Список литературы

- [1]. Sikorski E. Air-Conditioning of Parked Aircraft by Ground-Based Equipment // International Refrigeration and Air Conditioning Conference. 2010. Paper 1086. Available at: <http://docs.lib.purdue.edu/iracc/1086>, accessed 04.03.2015.
- [2]. Воронин Г.И., Антипенко И.Н., Власов П.К. Аэродромные кондиционеры / под ред. Г.И. Воронина. М.: Издательство «Транспорт», 1968. 695 с.
- [3]. Пресс-центр аэропорта Внуково Режим доступа: <http://corp.vnukovo.ru/press/> (дата обращения 04.03.2015).
- [4]. Альфа Лаваль. Пластинчатые теплообменники холодильных систем / Справочник (4-е изд.). Альфа-Лаваль Алонте, 2001. 166 с.
- [5]. Refrigerant Solutions For Today and Tomorrow Available at: http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/, accessed 04.03.2015.