

01, январь 2016

УДК 621.452.322

Совершенствование испытательных стендов авиационных двигателей

Захарова В.В., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

Степанова А.А., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

*Научный руководитель: Львов В.А., д.т.н., профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

lvov@e9.bmstu.ru

Введение

В настоящее время авиационный транспорт является одним из основных и безопасных средств, участвующих в транспортных потоках мира. Поскольку основным требованием авиации является безопасность перевозок, надежную работу авиационных двигателей можно считать одним из определяющих факторов. Однако даже самые совершенные математические модели, используемые в расчетах не способны в полной мере учитывать взаимодействие огромного количества составных элементов и влияние большого числа вторичных факторов на надежность работы авиационных двигателей. Поэтому их создание и производство сопровождается большим количеством различных по сложности испытаний.

Указанные обстоятельства подразумевают использование различных систем экспериментального оборудования для контроля параметром авиационных двигателей, в том числе и для проведения натурных испытаний. При этом практическое применение экспериментально-исследовательских стендов сопровождается серьезным загрязнением окружающей среды.

В результате совершенствование испытательных стендов авиационных двигателей следует отнести к актуальным и практически значимым задачам современной экологической безопасности.

Анализ выбросов испытательного стенда авиационных двигателей

На рисунке 1 представлена упрощенная схема испытательного стенда авиационных двигателей, она состоит из следующих основных блоков: испытательного бокса, кабины наблюдения и вспомогательного технологического помещения.[1]

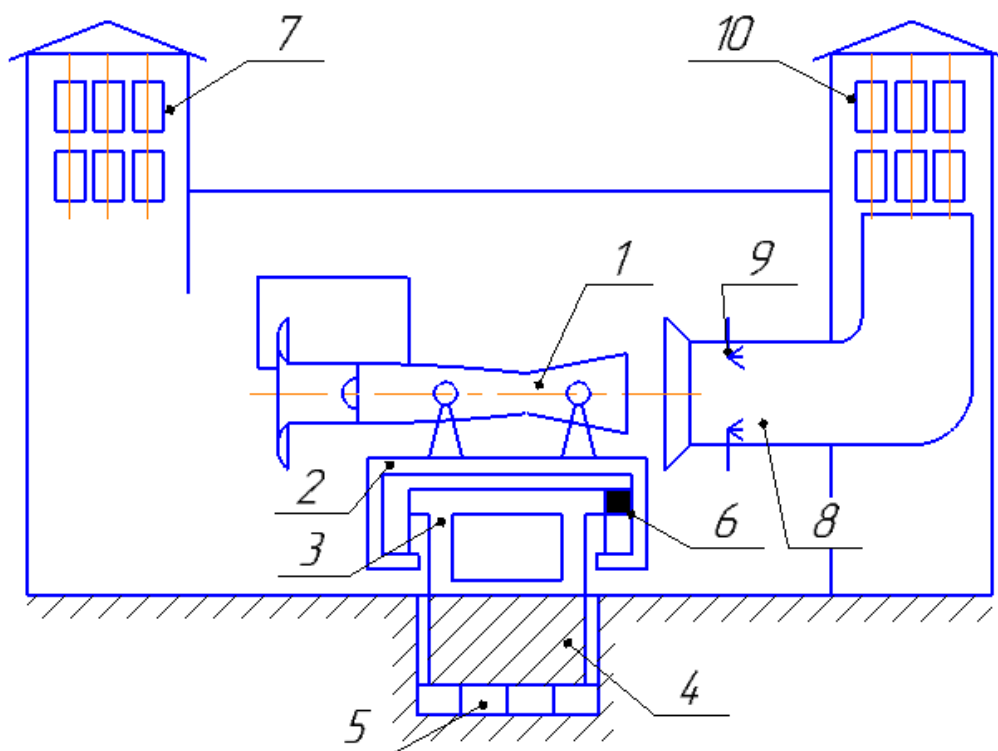


Рис. 1. Схема испытательного стенда авиационных двигателей

Испытываемый двигатель 1 размещается в испытательном боксе на подвижной платформе 2, на станке 3. Станок 3 неподвижно укрепляется на фундаменте 4, который монтируется на вибропоглощающем основании 5.

Сила тяги двигателя измеряется датчиком 6. Рабочее тело – воздух – попадает в бокс через входную шахту шумоглушения 7. Отработавшие газы – через эжекторную выхлопную трубу 8, где размещаются форсунки подачи воды 9 для охлаждения газового потока. Далее через выхлопную шахту 10 гетерогенная парогазовая смесь удаляется в атмосферу.

Обычно испытания газотурбинных двигателей проводят на всех эксплуатационных режимах, от наиболее напряженных, до режимов, предусматривающие неполное сгорание топлива. В этом случае количество выбросов при испытаниях может существенно превышать количество выбросов даже во время взлетно-посадочного цикла летательного аппарата, что оказывает существенное влияние на окружающую среду.

При условии размещения испытательного стенда вдали от населенных пунктов он обычно не предусматривает очистные сооружения атмосферного воздуха. Однако в условиях городской застройки использование таких очистных сооружений является крайне необходимым.

В настоящее время, для двигателей коммерческих самолетов в качестве топлива используется керосин. Авиационный керосин представляет собой смесь различных углеводородов, а также включает в небольшом количестве серу.

В таблице представлены результаты оценки загрязнений воздуха из выхлопной шахты, полученные на основании данных по эмиссии топлива в авиационном двигателе ПС-90А [2].

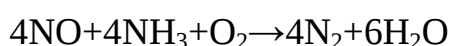
	NO _x	CO	C _x H _y	SO ₂	SO ₃	CH ₂ O	CH ₃ OH
М, мг\с	86000	250000	4550	1910	720	240	240
ПДВ, мг\с	420	31340	170	520	30	30	5200
Превышение ПДВ, раз	205	8	26	4	24	8	-

Следует подчеркнуть, что наибольшее превышение нормированных значений имеет место по выбросам оксидов азота (NO_x), устранение которых с помощью таких традиционных методов как адсорбционная и абсорбционная очистки в рассматриваемых условиях оказывается неэффективным.

Комплексная система очистки отходящих газов испытательных стендов авиационных двигателей

Расчет высоту выхлопной шахты, для обеспечения необходимой степени рассеивания оксидов азота (NO_x) показал, что при отсутствии системы очистки отходящих газов ее величина должна составлять более 1000 м. Реализация такой высоты выхлопной шахты технически и экономически нецелесообразно.

Учитывая высокую температуру отходящих потоков на выходе из авиационного двигателя целесообразно использование селективного некаталического метода дожигания, где в качестве реагента используется аммиак [3]. Процесс восстановления оксидов азота реализуется по следующей реакции:



Однако для полного восстановления азота и предотвращения вторичного загрязнения очищенного газа аммиаком необходимо поддержание температуры газовой смеси в пределах 900-1000°C, что может быть осуществлено с помощью уже имеющихся форсунок подачи воды 9 после внедрения соответствующей системы автоматического управления.

Подобный подход позволяет без использования дополнительных источников энергии производить очистку от NOx. Одновременно с этим высокотемпературным разложением можно осуществить дожигание частиц несгоревшего топлива и диоксида серы (SO₂)[3]. Образующиеся при этом продукты сгорания (преимущественно диоксиды углерода (CO₂)) не оказывают существенного влияния на количественные характеристики выбросов.

Однако на выходе из реактора может наблюдаться значительное количество гетерогенных включений (например, сажа), которое также является лимитирующим фактором осуществляемой системы очистки. Следует особо подчеркнуть, что при температурах порядка 1000 °C реализация, улавливание высокодисперсных фракций частиц примесей сопряжено с большими энергетическими затратами. Поэтому реализацию этого процесса необходимо осуществлять при температурах менее 100 °C, что в предлагаемой системе может быть реализовано с помощью циркуляции потока типа «калач» с использованием теплообменного аппарата (рисунок 2).

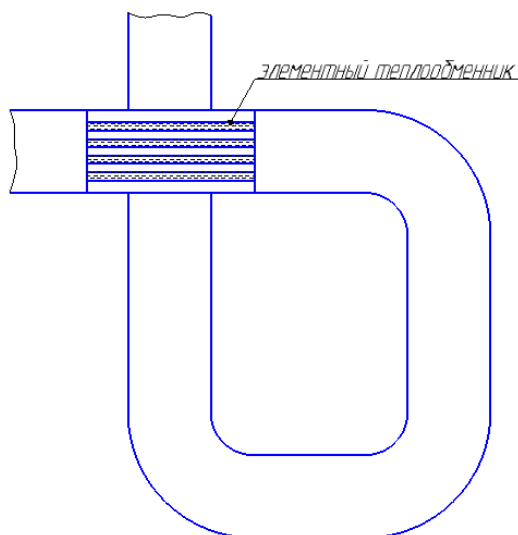


Рис. 2. Элемент циркуляции потока типа «калач» с элементным теплообменным аппаратом

После прохождения теплообменного аппарата температура отходящих газов снижается до уровня порядка 100 °C градусов с которым поступает в аппарат отделения

гетерогенных включений, например, центробежный пылевой отделитель. После чего повторно поступает в теплообменный аппарат, где подогревается до порядка 1000 °С, что позволяет осуществлять свободный выброс в выхлопную шахту отходящих газов.

Структурная схема предлагаемой системы очистки представлена на рисунке 3.

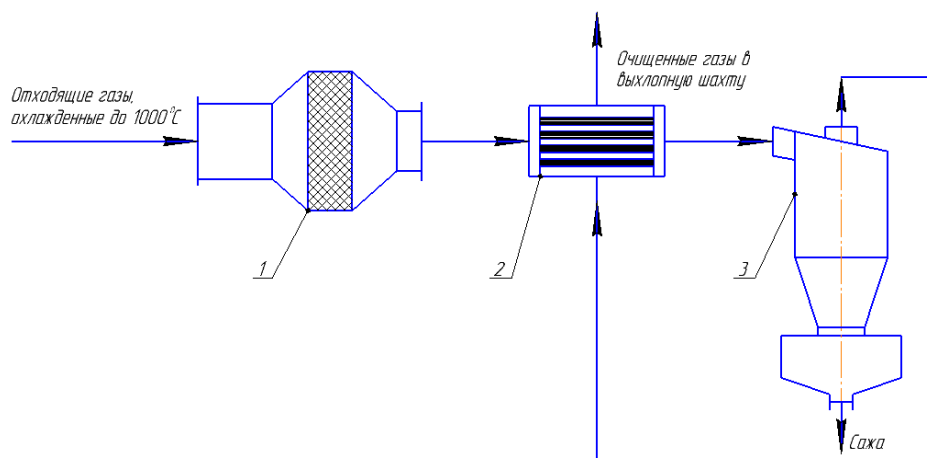


Рис. 3. Предлагаемая система защиты атмосферного воздуха от отходящих газов испытательных стендов авиационных двигателей: 1 – реактор термического восстановления оксидов азота; 2 – теплообменный аппарат; 3 – вихревой пылеотделитель

Таким образом предложенная система очистки позволяет снизить высоту выхлопной шахты до высоты не более 15 м с подъемом струи 100 и более метров, что обеспечивает оптимальный выброс отходящих газов.

Выводы

1. Испытательные стенды авиационных двигателей являются мощными источниками загрязнения окружающей среды. При этом за время проведения испытаний авиадвигателей количество загрязняющих веществ в отходящих газах может превышать количество загрязняющих веществ, образующихся за время взлетно-посадочного цикла летательного аппарата.

2. Предлагаемая система обеспечивает высокую эффективность очистки отходящих газов испытательных стендов авиационных двигателей от оксидов азота (NO_x), несгоревших углеводородов (C_xH_y) и гетерогенных фракций частиц топлива и сажи.

3. Особенность системы является возможность ее эксплуатации без использования дополнительных источников энергии.

Список литературы

- [1] Солохин Э.Л. Испытания авиационных воздушно-реактивных двигателей. М.: Машиностроение, 1975. 356 с.
- [2] Экологические проблемы авиации / под ред. Ю. Д. Халецкого. М.: ТОРУС ПРЕСС, 2010. 504 е., ил.
- [3] Старк С.Б. Пылеулавливание и очистка газов в металлургии. М.: Металлургия, 1977. 328 с.