

Краткое описание выполненных работ по созданию виброизолирующих подвесок авиационных двигателей В.С. Баклановым

В настоящее время В.С. Бакланов является Главным специалистом Проектно-конструкторского центра «Силовые установки», кандидат технических наук

Основная деятельность посвящена:

- разработке ответственных узлов авиационных силовых установок,
- решению проблем шума и виброакустики самолетов.

Стратегическое развитие самолетов нового поколения идет в направлении дальнейшего снижения шума и повышения топливной эффективности, где определяющая роль принадлежит двигателям.

За прошедшие годы четко обозначилась эволюция двигателей в сторону увеличения степени двухконтурности от двигателей степени двухконтурности (4,5 ... 6,0) к двигателям большой степени двухконтурности (8 ... 10).

Сегодня мы находимся на следующем этапе развития двигателестроения – переходе к двигателям сверхбольшой двухконтурности ($m=10...13$) и сближении турбовентиляторного двигателя с винтовентиляторным, особенно в случае применения редукторной схемы.

При переходе на двигатели сверхбольшой степени двухконтурности для выполнения самолетами новых шумовых стандартов по защите окружающей среды и повышения топливной эффективности В. С. Баклановым сделан прогноз **ожидаемого виброакустического воздействия силовых установок с двигателями сверхбольшой двухконтурности (8...12)**, где отмечена тенденция увеличения вклада низкочастотных составляющих вплоть до инфразвука в виброакустическое поле гермокабины, особенно кабины экипажа.

Этот прогноз подтвержден исследованиями, например, на самолёте-демонстраторе B777-300ER с двигателями GE90-115B, степень двухконтурности которых равна 9, где низкочастотные составляющие возвышаются в общем спектре на 30-40 дБ.

Новейшие исследования показывают, что низкочастотный шум является вредным фактором, влияющим на здоровье и работоспособность человека. Это связано с тем, что объёмные частоты многих внутренних органов человека лежат в низкочастотном звуковом диапазоне.

Необходимость разработки нового крепления вызвана:

- расширением вибрационного спектра современных двигателей с тенденцией сдвига в низкочастотную часть спектра;
- недостаточной эффективностью существующей виброзащиты, особенно в низкочастотной области, разработанной на основе устаревших расчетных моделей;
- изменением динамических характеристик планеров и, особенно, корпусов двигателей в местах установки узлов крепления с увеличением степени двухконтурности двигателей.

Проведенные под руководством В.С.Бакланова обширные исследования:

- динамических характеристик ряда двухконтурных турбовентиляторных двигателей массового применения существенно отличающихся как тягой, так и степенью двухконтурности позволили существенно уточнить динамическую модель авиационного газотурбинного двигателя особенно в диапазоне роторных частот, что оказало решающую роль в разработке эффективных

виброизолирующих подвесок авиационных силовых установок, оценке виброактивности и диагностике агрегатов;

- **частотных характеристик виброакустической проводимости конструкции планеров самолетов** позволили создать методику расчета **структурного шума в кабине экипажа и салонах самолета** от вибрационного воздействия двигателей.

На основе проведенных исследовательских работ разработана **методика оптимального выбора виброизолирующего крепления двигателей** с учетом реальных динамических жесткостей двигателя и планера.

Для обеспечения требуемых виброакустических характеристик в кабине самолетов с двигателями нового поколения В.С.Баклановым **предложено новое решение: низкочастотное крепление** с встроенными нелинейными блоками виброизоляции с участком «квази-нулевой жесткости» на расчетной нагрузке.

Созданная подвеска прошла испытания на разработанном уникальном стенде с натурным двигателем с имитацией низкочастотного воздействия.

Полученные результаты обеспечивают снижение вибрационного воздействия со стороны силовой установки на 12 - 14 дБ, включая низкочастотный диапазон (8...60 Гц).

Такие подвески призваны решить проблемы обеспечения виброизоляции винтовентиляторных и турбовентиляторных двигателей нового поколения.

На основании большого опыта создания виброизолирующих подвесок В.С. Баклановым **разработано опытное устройство виброизоляции** для встраивания в подкосы крепления двигателя НК-12МПМ с винтом АВ-60Т без изменения конструкции двигателя и планера самолета.

Разработанное устройство призвано повысить эффективность самолетных демпферов, разработанных в 50-ые годы прошлого века, чтобы обеспечить снижения вибрационного воздействия силовой установки на планер самолета и улучшения виброакустической обстановки в кабине экипажа.

Стендовые испытания двигателя НК-12МПМ с опытной подвеской (с ВУ в подкосах крепления двигателя) и винтом АВ-60Т подтвердили расчетное снижение динамического воздействия СУ на частотах вращения вала винта (12Гц) и лопастной гармонике (48Гц) в 2 раза в сравнении со штатной подвеской.

Такой результат снижения вибрационного воздействия в низкочастотном диапазоне получен впервые в мировой практике. Этот результат обеспечен применением последовательного соединения двух блоков виброизоляции: самолетных демпферов и виброизоляторов, встроенных в подкосы крепления двигателя.

Прошедшие летные испытания объекта ВП-021, оборудованного одной СУ с двигателем НК-12МПМ с опытной подвеской (с ВУ в подкосах) и винтом АВ-60Т, подтвердили работоспособность системы в широком диапазоне эксплуатационных режимов.

В.С.Бакланов является автором свыше **100 научных работ и 30 изобретений и патентов** (Список основных работ прилагается).

Основные публикации

1. Бакланов В.С. Динамическая модель авиационного двигателя от твердого тела до многосвязной системы. Материалы Научная конференция «Наследственная механика деформирования и разрушения твердых тел». ИМАШ РАН, 2014

2. Бакланов В.С. Проблемы виброакустики в гермокабине самолетов с двигателями нового поколения. «Авиапанорама» №3 (май-июнь) 2013, с10-13

3. Бакланов В.С. Взаимодействие силовой установки с планером самолетов нового поколения. Доклады 4-ой Европейской конференции по аэрокосмическим наукам EUCASS 2011г., Санкт-Петербург.

4. Baklanov V.S. Intererction of power plant with airframe of new generation aircraft. EUCASS book series «Advances in aerospace sciences».2012. Volume 4. Progress in Propulsion Physics, p.395-416.

5. Бакланов В.С., Виброизолирующее крепление для авиационных двигателей нового поколения. «Техника воздушного флота», т.LXXXVI, №2 (707), 2012, с.49-60.

6. Бакланов В.С., Обеспечение экологических требований в кабине экипажа и салонах самолетов с двигателями нового поколения . «Авиакосмические технологии, современные материалы и оборудование». Казань 2012. Сб. докладов, т.2., с.142-151

7. Бакланов В.С., Коновалов И.С., Моисеева С.Н. Выбор виброизолирующего крепления для авиационных двигателей нового поколения. Сборник трудов XVII Симпозиума «Динамика виброударных (сильно нелинейных) систем». ИМАШ РАН, Москва-Клин 2012

8. Бакланов В.С. Численное моделирование ожидаемых акустических характеристик в кабине самолетов с двигателями нового поколения. Сб. докладов Международной конференции по численному эксперименту в аэроакустике. ИПМ РАН. Светлогорск, 2012.

9. Бакланов В.С. Анализ виброакустических процессов в турбореактивном двигателе и других агрегатах силовой установки по результатам исследования частотных характеристик системы «двигатель-крепление-планер». «Ученые записки ЦАГИ», том XLI, 2010 №1, с.78-85.

10. Baklanov V.S. Aerocraft new generation engines and structural noise. Europe Conference on aerospace sciences. EUCASS. Paris, 2009

11. Бакланов В.С. Воздействие на систему «планер-кабина-оператор/пассажир» вибрационного спектра двигателей нового поколения. Доклады XVI Симпозиума «Динамике виброударных (сильно нелинейных) систем», ИМАШ РАН. Звенигород, 2009.

12. Бакланов В.С. Проблемы снижения шума и Виброакустика самолетов нового поколения с двигателями большой двухконтурности. Доклады Конференции «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества». М.2008.

13. Бакланов В.С. Виброакустика силовых установок самолетов нового поколения и экология. Доклады Конференции «Гидросалон 2008».

14. Бакланов В.С. Виброакустика самолетов нового поколения с двигателями большой и сверхбольшой двухконтурности. «Математическое моделирование», том 19, номер 7, 2007, с.27-38.
15. Бакланов В.С., Вуль В.М., Пемов А.В. Проблемы виброакустики силовых установок с двигателями сверхбольшой двухконтурности. «Новые рубежи авиационной науки ASTEC'07», ЦАГИ, 2007
16. Бакланов В.С., С.Л. Денисов, Численное моделирование системы «Двигатель-крепление-планер» по результатам экспериментальным данным. «Математическое моделирование» 2007, том 19, номер 7, стр. 93-100.
17. Бакланов В.С. Роль структурного шума на самолетах нового поколения. Конференция по Авиационной акустике, ЦАГИ, Звенигород, 2007.
18. Baklanov V.S. Low-frequency vibroisolation mounting of power plants for new generation airplanes with engines of extra-high bypass ratio. « J. of Sound and Vibration», 2007, V. 308, No. 3-5, p. 709-720.
19. Baklanov V, S.Postnov, A.Zayakin. The Computational Investigation of Low-Frequency Vibroisolation Mounting Dynamic Model. 12th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, Cambridge Massachusetts, AIAA Paper 2006-2658, 2006.
20. Baklanov V., Zayakin A., Orlenko E., Postnov S. The calculation of structural noise in cabin for aircraft with high-by-pass ratio engines. Proc. of 11th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, Monterey, California, May 23-25 2005.
21. Baklanov V., I. Golov, A. Zayakin. Influence of the new generation engines upon the acoustical climate in cabin // 12 International Congress on Sound and Vibration, 11-14 July, 2005, Lisbon
22. Baklanov V.S., Golov I.V., Postnov S.S. Vibroisolation of power plants for new generation airplanes with engines of high by-pass ratio. // Proc. of 10th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, Manchester, UK, 10-12 May 2004.
23. Baklanov V.S Identification of Engine-Attachment-Airframe System Model Basing on Impedance Test Results Proceedings of International Conference on Structural Dynamics Modeling, June 3-5 2002, Madeira Island, Portugal.
24. Baklanov V.S , Dynamic model of Engine-Mount-Airframe System of Trunk-Aircraft Basing on Results of Impedance Data Tests at Attachment Points, Ninth Int. Congress on Sound and Vibration, July 2002, Orlando, Florida, USA.
25. Бакланов В.С., Нелинейные элементы в системе крепления нового поколения авиационных двигателей. Доклады XIII симпозиума по динамике виброударных (сильно нелинейных) систем, Москва-Звенигород, 2001.
26. Бакланов В.С., Выбор средств виброзащиты с учетом реальных динамических характеристик двигателей и планеров самолетов. Семинар ЦАГИ «Авиационная Акустика», Дубна, 2000.
27. Baklanov V.S., Vul V.M. Vibration Isolation of Aviation Power Plants taking into account Real Dynamic Characteristics of Engine and Aircraft. Proceedings, Second International Congress on Recent Developments in Air- and Structure-Borne Sound and Vibration. March 4-6, 1992, Auburn University, USA.

28. Бакланов В.С., Рогачев В.М., Теоретические основы проектирования виброизолирующего крепления авиационных силовых установок. Сб. Доклады X научно-техн. конференции по аэроакустике, том 2, ЦАГИ. 1992, с.136-140.

29. Бакланов В.С., Вуль В.М., Гинзбург А.Н., Рогачев В.М., Соловьев В.А.

О решении проблемы виброизоляции силовой установки с винтовентилятором. Сб. Доклады X научно-техн. конференции по аэроакустике, том 2, ЦАГИ. 1992, с.141-145.

30. Бакланов В.С., Вуль В.М. Выбор параметров виброизолирующего крепления многодвигательной силовой установки. Сб. «Борьба с шумами и вибрацией». Доклады Всесоюзной научно-техн. конференции. Л., 1991, с.132-136. 31. Агафонов В.К., Бакланов В.С., Вуль В.М., Попков В.И., Попов А.В. Исследование динамических и виброакустических характеристик самолета и двигателя методом тарированного тестирования. Доклады VIII конференции по аэроакустике, ЦАГИ, М., 1990, с.141-144.

32. Бакланов В.С., Вуль В.М. Вибродиагностика агрегатов силовой установки с помощью системы контроля вибрации двигателя. «Вибрационная прочность и надёжность двигателей и систем летательных аппаратов» Сб. КуАИ. Куйбышев, 1988, с. 11-15.

33. Бакланов В.С., В.М. Вуль, Влияние упругой подвески на виброхарактеристики корпуса двигателя. «Вибрационная прочность и надёжность двигателей и систем летательных аппаратов». Сб. КуАИ. Куйбышев, 1986, с. 3-10.

34. Бакланов В.С., В.М. Вуль, В.М. Прошин. Влияние неоднородности потока перед двигателем на спектральные характеристики динамических усилий в узлах его крепления. «Вибрационная прочность и надёжность двигателей и систем летательных аппаратов». Сб. КуАИ. Куйбышев, 1985, с. 13-16.

35. Бакланов В.С., Вуль В.М. Влияние связанных колебаний сложных динамических систем на оценку эффективности виброизоляции. Доклады X акустической конференции, М., АКИН АН СССР, 1983, с. 65-68.

36. Агафонов В.К., Бакланов В.С., Вуль В.М., Попков В.И. Исследование динамических характеристик двигателя, стенда и объекта в местах опорных связей. Сб. «Вибрационная прочность и надёжность двигателей и систем летательных аппаратов», КуАИ, 1980, с.62-68.

37. Бакланов В.С. Проектирование виброизолирующей подвески с учетом динамических характеристик изделия и объекта. «Вибрационная прочность и надёжность двигателей и систем летательных аппаратов» Сб. КуАИ. Куйбышев, 1979, с.105-109.

Изобретения и патенты

1. В.С.Бакланов, В.М.Вуль, Н.В.Григорьев. Устройство для крепления двигателя летательного аппарата. Авт. свидетельство № 632159, 1978г.
2. В.С.Бакланов. Устройство для крепления двигателя летательного аппарата. Авт. свидетельство № 626531, 1978г.
3. В.С.Бакланов, В.В.Евстигнеев, В.А.Соловьев. Мотогондола летательного аппарата. Авт. свидетельство № 678836, 1979г.
4. В.С.Бакланов, В.М.Рогачев. Упругая подвеска. Авт. свидетельство № 968529, 1980г. БИ № 39, 1982г.
5. В.С.Бакланов, В.В.Евстигнеев, В.А.Соловьев. Устройство для крепления двигателя летательного аппарата. Авт. свидетельство № 1269417, 1986г.
6. В.С.Бакланов, В.И.Коньчев, Г.В.Костин, В.Б.Митенков
7. Устройство для контроля технического состояния двигателей силовой установки самолета. Авт. свидетельство № 1408972, 1988г.
8. В.С.Бакланов, В.М.Рогачев. Устройство для упругой подвески. Авт. свидетельство № 1439321, 1988г. БИ № 43.
9. В.С.Бакланов, В.М.Рогачев, А.Н.Гинзбург. Способ динамических испытаний упругодиссипативных элементов. Авт. свидетельство № 1439321, 1988г. БИ № 43.
10. В.С.Бакланов, В.М.Рогачев, В.А.Соловьев, В.П.Уваров. Упругая подвеска. Авт. свидетельство № 1684559, 1991г. БИ № 38, 1991г.
11. В.С.Бакланов, В.М.Рогачев. Установка для вибрационных испытаний упругих изделий. Авт. свидетельство № 1753319, БИ № 29, 1992г
12. В.С.Бакланов, В.М.Рогачев, В.П.Уваров. Упругая подвеска. Авт. свидетельство № 1754977, БИ № 30, 1992г.
13. В.С.Бакланов, В.М.Рогачев, В.А.Соловьев, А.Н.Гинзбург. Способ испытаний тяжелых транспортных машин и устройство для его осуществления. Авт. свидетельство № 1821660, 1992г..
14. В.С.Бакланов и др. Патент № 2174935 «Устройство для крепления двигателя летательного аппарата», 20.10.2001. Бюл. № 29.
15. В.С.Бакланов, Куделькин В.А. Патент № 2192990 «Устройство для крепления агрегатов», 20.11.2002. Бюл. № 32.