

УДК 621.431.75

ОСОБЕННОСТИ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ПРИ КОНТРОЛЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВИАЦИОННОГО ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ (ОБЗОР)

П. В. СЕМЕНОВ¹, А. Ю. СЕВОСТЬЯНОВ²

¹piston@ciam.ru, ²aysevostyanov@ciam.ru

ФАУ «Центральный институт авиационного моторостроения им. П. И. Баранова»
(ФАУ «ЦИАМ им. П. И. Баранова»)

Поступила в редакцию 11.08.2021

Аннотация. Обоснована необходимость проведения вибродиагностики авиационных поршневых двигателей. Описаны основные причины вибраций в двигателях с возвратно-поступательно движущимися деталями. Приведены структурные параметры в местах возникновения вибрации и их влияние на общую вибрационную картину. Указаны особенности контроля вибрационной активности в авиационном поршневом двигателе. Перечислены основные измеряемые параметры вибрационной активности и даны рекомендации по выбору частотных диапазонов измерений.

Ключевые слова: авиационный поршневой двигатель; двигатель внутреннего сгорания; дизельный двигатель; неразрушающий контроль; вибрация.

ВВЕДЕНИЕ

Современные авиационные поршневые двигатели (АПД) представляют собой сложную техническую систему, при проектировании которой следует учитывать множество действующих силовых факторов, вызывающих вибрации: неуравновешенность движущихся и вращающихся масс, газодинамические процессы, а также соударения и трение между элементами и деталями узлов и механизмов [1–3].

Исследование параметров вибраций представляет собой один из методов неразрушающего контроля, который позволяет провести оценку технического состояния поршневого двигателя без его разборки в рабочих условиях на основе характеристик виброакустических процессов, сопровождающих его работу, а также определить места и установить причины неисправности. Применение вибродиагностики для оценки степени отклонения технического состояния деталей и узлов от нормы особенно актуально при проведении экспертизы серийно выпускаемых и вновь разрабатываемых АПД.

ПРИЧИНЫ ВИБРАЦИЙ В АПД

Авиационный поршневой двигатель – это многофакторный источник вибраций различного уровня и происхождения. В вибрационную картину вносят вклад различные элементы двигателя: цилиндро-поршневая группа (ЦПГ), кривошипно-шатунный механизм (КШМ), система газораспределения, а также топливная аппаратура [1–5]. Исходя из этого, можно выделить три основные составляющие вибросигнала: газодинамические процессы (силы давления газов, впрыск топлива и т.п.), неуравновешенность движущихся и вращающихся масс (силы инерции возвратно-поступательных движущихся масс, моменты этих сил и т.п.), а также соударения и трение между деталями [6].

При работе АПД на поршень действует сила, которая может быть разложена на составляющие (рис. 1): $P_{ш}$, направленную вдоль оси шатуна, и $P_{н}$ – перпендикулярно оси цилиндра. Сила $P_{н}$ влияет на трение и износ поверхностей цилиндра и поршня. Многократное измене-

ние величины и направления действия нормальной силы P_n приводит к перекладке (радиальному движению) поршня от одной стороны гильзы к другой. Вблизи верхней мертвой точки наблюдается наиболее интенсивный удар, происходящий в направлении, противоположном вращению коленчатого вала, поскольку нормальная боковая сила в этой зоне имеет наибольшее значение. Возникающие в результате соударений упругие колебания стенок гильзы и цилиндра являются источником вибраций.

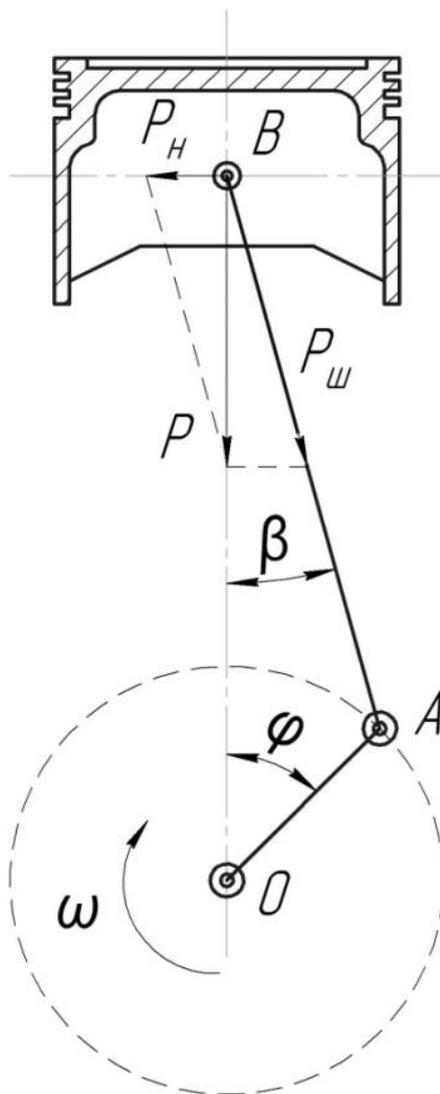


Рис. 1. Силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме

В сопряжении поршень–гильза при начальных и предельных зазорах энергия вибросигнала интенсивно изменяется в достаточно узких полосах частот. Это определяется резонансными частотами акустических каналов блока цилиндров. Для оценки зазоров достаточно амплитуды виброимпульса при использовании временной селекции. Зависимость же фазы виброимпульса от зазора в сопряжении поршень–гильза при работе двигателя на различных режимах иногда является более чувствительным диагностическим признаком, особенно при прокручивании коленчатого вала.

Характеристики вибросигнала, которые позволяют оценить состояние поршневых колец, зависят от скоростного режима при диагностировании и от степени износа самих колец. При прокручивании коленчатого вала декомпрессированного двигателя поперечная перекладка поршня возможна только при определенном соотношении боковой силы, с одной стороны, и поперечных сил трения поршневых колец в канавках, трения в верхней и нижней головках

шатунa – с другой. По мере изнашивания поршневых колец их сила трения о зеркало цилиндра и поперечная сила трения в поршневых канавках уменьшаются. Из-за этого перекаладка поршня происходит уже при меньшей частоте вращения.

В КШМ в качестве структурных параметров подшипниковых узлов выступают зазоры в подшипниках коленчатого вала и во втулке поршневой головки шатуна, а также осевой зазор в коренных подшипниках [1]. Данные параметры определяют несущую способность подшипникового узла, условия трения и тепловыделения, давление в слое масла и расход масла. Изменение нагрузки на подшипники коленчатого вала на рабочих режимах АПД приводит к тому, что центр шейки вала перемещается по сложной траектории. Во время импульсного изменения линейной скорости вследствие воздействия процесса сгорания в сопряжении возникают удары, которые вызывают деформации и ударное возбуждение вибросигналов. На скорость соударения и амплитуду виброимпульса влияет величина зазора в подшипнике, характер индикаторной диаграммы и соотношения возмущающих сил в целом. Экспериментальные исследования поршневых двигателей демонстрируют, что среднее значение максимальной амплитуды виброакустического импульса в диапазоне частот, генерируемого шатунными и коренными подшипниками, при изменении зазора от начального до предельного увеличивается до 5 раз [1, 2, 6].

В топливной аппаратуре основными структурными параметрами являются цикловая подача топлива и угол опережения зажигания [1, 2, 6]. Они оказывают существенное влияние на энергетические и топливные показатели, а также на динамические и температурные характеристики рабочего цикла. Это приводит к ускоренному изнашиванию и снижению показателей надежности двигателя. Вибрационные характеристики форсунок зависят от параметров работы топливной аппаратуры, а на определенных режимах – от показателей работы системы высокого давления. Анализ характеристики топливоподачи и временных реализаций вибрации форсунки (рис. 2) при различных подачах показывает, что огибающая виброимпульсов хорошо согласуется с осциллограммами подъема иглы форсунки и давления топлива, что характеризует закон подачи топлива.

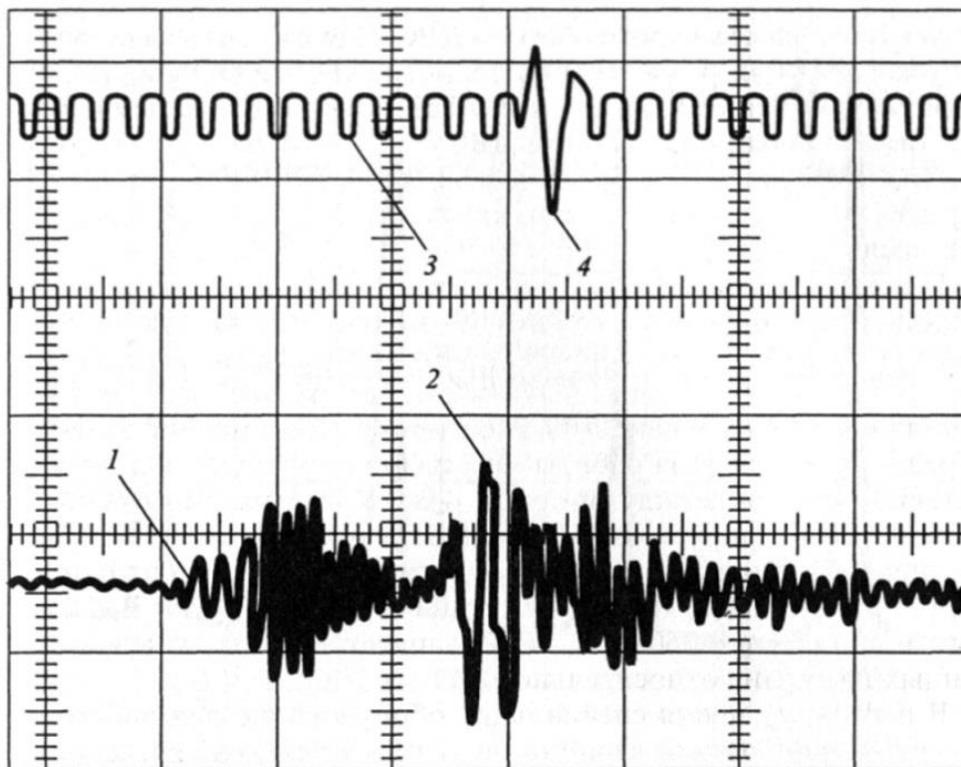


Рис. 2. Пример вибрации корпуса форсунки во время впрыска топлива:

1 – начало впрыска; 2 – конец впрыска;

3 – угловые отметки; 4 – отметка верхней мертвой точки

В механизме газораспределения основными структурными параметрами являются зазоры между направляющими втулками клапана и его стрежней, в подшипниках распределительного вала, между клапаном и его приводом. Интенсивность вибрации крышки головки блока цилиндров в области рассматриваемого клапана значительно изменяется в зависимости от величины теплового зазора. Чтобы выделить виброимпульсы, формируемые движением клапанов, требуется производить временную селекцию в соответствии с фазами газораспределения.

ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИЙ В АПД

Использование вибродиагностики в качестве неразрушающего способа контроля технического состояния поршневых двигателей дает возможность диагностировать порядка 80 % всех дефектов [6] на их ранней стадии возникновения и спрогнозировать безаварийную работу двигателя на необходимый срок.

Основная сложность при вибродиагностике всех поршневых машин и АПД в частности заключается в цикличности работы их деталей, совершающих возвратно-поступательное движение. Вибросигнал представляет собой периодический процесс, и степень износа влияет на изменения уровня вибросигнала при определенных значениях угла поворота коленчатого вала (рис. 3) [5, 7, 8]. На основе изменения вибросигнала достаточно тяжело определить где именно происходит износ, поскольку в различных деталях зазоры могут приводить к изменению величины вибросигнала при одних и тех же значениях угла поворота коленчатого вала. Для решения данной проблемы необходимо решить несколько задач.

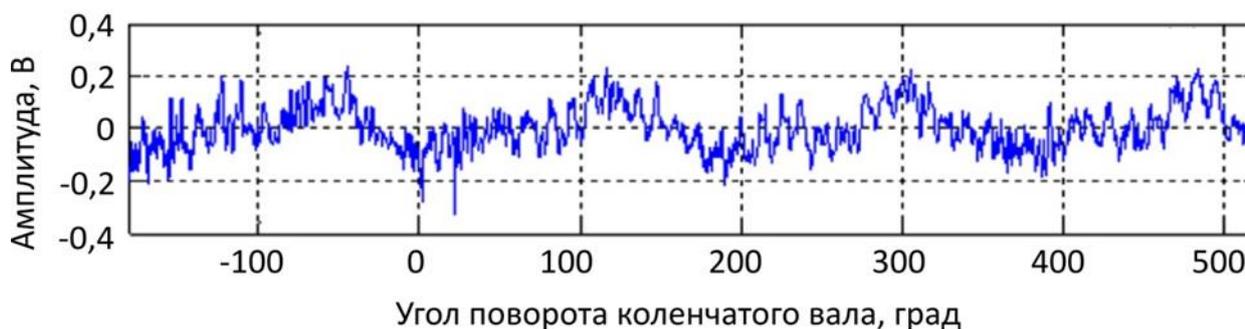


Рис. 3. Вибрация, сопутствующая процессу воспламенения в четырехцилиндровом двигателе

Во-первых, следует обеспечить синхронизацию вибросигналов с положением коленчатого вала. Для этого необходимо знать фазовую диаграмму работы оборудования, построенную с точностью до нескольких угловых градусов, что позволит точно выделять в полном исходном сигнале временные участки, которые соответствуют тем или иным фазам работы оборудования. Изменение в работе двигателя (момент впрыска или нарушение в работе ГРМ) повлечет за собой изменение генерируемых этими элементами импульсов по фазе, амплитуде и длительности. Если, например, проводится диагностика состояния выпускного клапана первого цилиндра, то из всего сигнала необходимо выделить и использовать только тот участок времени, когда именно этот клапан находится в открытом состоянии. Ошибка в определении данного интервала времени приведет к получению недостоверного диагностического заключения.

Во-вторых, требуется выбрать длительность непрерывной регистрации сигналов вибрации. Это объясняется тем, что для диагностики берется конкретный временной участок, соответствующий данной фазе работы двигателя. Для реализации достоверной диагностики необходимо зарегистрировать несколько периодов работы. Это позволит удостовериться, что процесс является повторяющимся.

В-третьих, следует определиться с диапазоном регистрируемых частот. В поршневых двигателях большая часть собственных резонансных частот находится в диапазоне

от сотен герц до нескольких килогерц [1–4]. Значение верхней границы обычно определяется размерами и массой элементов конструкции диагностируемого оборудования. Для того чтобы иметь возможность анализировать полученный экспериментально вибросигнал, его запись необходимо осуществлять с частотой дискретизации как минимум в два раза большей, чем верхняя граница [9–11]. При этом рекомендуется использовать АЦП с разрядностью не менее 20, линейность измерительного и анализирующего тракта должна быть не хуже 0,1 % [12].

В-четвертых, требуется выбрать место установки датчика, что отражается на величине порога каждого диагностируемого дефекта: чем ближе он устанавливается к дефектному месту и чем короче будет путь прохождения сигнала, тем более корректно можно будет проводить диагностирование и удастся локализовать место проявления дефекта. Например, при корректном выборе места установки датчика вибрации на блоке головки цилиндров получаемый сигнал позволит определить жесткость протекания рабочего процесса, поскольку количественные характеристики индикаторной диаграммы пропорциональны параметрам сигнала датчика вибрации.

Наконец, в-пятых, необходимо подобрать аппаратуру и создать условия, которые позволят выполнить жесткие требования, предъявляемые к помехоустойчивости системы диагностики. Это может быть достигнуто с помощью использования, например, дифференциальных датчиков, преобразователей с встроенными усилителями.

ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВИБРАЦИИ И ИХ ОЦЕНКА

В качестве измеряемых параметров вибрации используют виброперемещение, виброскорость и виброускорение. Переход от виброперемещения к виброскорости и от виброскорости к виброускорению осуществляется с помощью дифференцирования. Для обратного преобразования используют интегрирование. В настоящее время эти операции могут выполнять многие измерительные приборы.

С практической точки зрения дифференцирование приводит к росту шумовой составляющей сигнала, поэтому его редко применяют, а интегрирование возможно осуществить с высокой точностью с помощью электрических цепей. По этой причине использование датчиков виброускорения является более предпочтительным, так как полученный сигнал можно однократно или двукратно проинтегрировать и получить скорость или перемещение. При этом интегрирование непригодно для сигналов с частотой ниже 1 Гц, поскольку в этой области уровень паразитного шума значительно увеличивается и, следовательно, падает точность интегрирования [12].

Виброускорение характеризует то силовое динамическое воздействие, которое и вызвало вибрацию. Этот параметр облегчает выявление фаз работы узлов и обеспечивает возможность четко выделить временные границы, в рамках которых осуществляется диагностика возникающих дефектов.

В некоторых задачах предпочтительнее работать со значениями виброскорости, поскольку оно сразу учитывает и перемещение точки, и энергетическое воздействие от сил, вызвавших вибрацию. Обычно работают не со значениями виброскорости, а с ее среднеквадратичным значением (СКЗ). Величина СКЗ характеризует энергию колебаний и используется в тех случаях, когда необходимо оценить разрушительное влияние вибрации.

Представление одного сигнала различными параметрами вибрации будет выглядеть по-разному: на графике виброперемещения будет усилена низкочастотная область, а на графике виброускорения – высокочастотная. При этом график виброскорости является наиболее равномерным по частоте (рис. 4) [13]. Для обеспечения максимума визуальной информации, для анализа желательно выбирать такие параметры вибрации, для которых частотная кривая выглядит наиболее плоской.

Согласно нормативным документам по виброконтролю технического состояния машин с возвратно-поступательным движением [14–16], к которым и относятся авиационные порш-

новые двигатели в частотном диапазоне от 10 до 1000 Гц, рекомендуется проводить измерения СКЗ виброскорости. Для решения определенных задач виброконтроля необходимо рассматривать расширенный диапазон частот [13]: в области низких частот (до 300 Гц) целесообразно проводить измерения виброперемещения, а в области высоких частот (свыше 1000 Гц) – виброускорения.

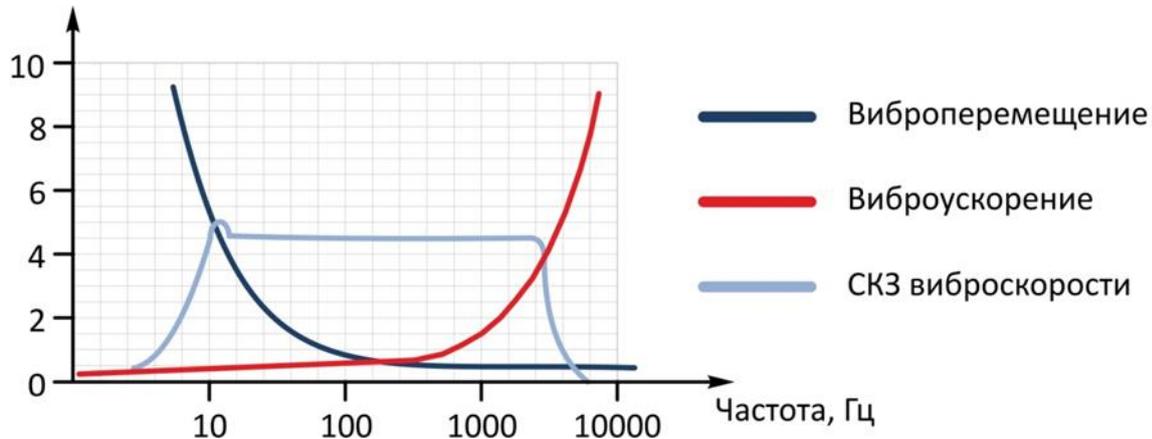


Рис. 4. Частотные характеристики виброускорения, виброскорости и виброперемещения

Вибрации в АПД представляют собой колебания сложных форм, как правило, наложенных друг на друга, что приводит к усложнению описания сигнала во временной реализации. Для обхода этих ограничений анализа во временной области используют частотный или спектральный анализ. Временная реализация вибрации несет в себе информацию, часть которой приходится на очень слабые компоненты, помогающие выявлять развивающиеся неисправности в поршневом двигателе. Обычно при анализе вибраций не рекомендуется проводить спектральный анализ на очень низких частотах. В машинах возвратно-поступательного действия из-за сил ударного характера объем информации, получаемой из спектра низкочастотной вибрации машины, значительно меньше, поэтому необходимо использовать дополнительные методы диагностики, не только вибрационные. В качестве наименьшей частоты вибрации в машинах, которая представляет интерес, рекомендуется брать $0,3f$ [12].

Большинство же нерешенных диагностических задач лежит в области среднечастотной вибрации, основной вклад в которую вносят случайные, периодические и ударные силы. В поршневых машинах силы ударного происхождения максимальны, поэтому для них рассмотрение среднечастотной вибрации наиболее актуально, однако имеются сложности ее анализа, связанные с труднодоступностью многих узлов, что препятствует возможности получения диагностической информации о начале развития многих видов дефектов. Для увеличения объема диагностируемой информации необходимо использовать разные методы анализа сигналов. Только совокупность всех применяемых методов и средств анализа позволит поставить корректный диагноз.

СОСТОЯНИЕ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ

Имеющиеся на сегодняшний день стандарты в области вибрационного контроля поршневых машин показывают, что база нормирования развита недостаточно: большинство стандартов устарели или пересматриваются, а те, что действуют, имеют ограниченное применение для ряда типоразмеров поршневых машин, которые не совпадают с типоразмерами АПД [14–17].

Основы нормирования абсолютной вибрации рассмотрены в международном стандарте ИСО 2372-74. В соответствии с ним в качестве критерия оценки абсолютной вибрации рекомендуется использовать СКЗ виброскорости в диапазоне частот от 10 до 1000 Гц, поскольку используется допущение, что подобные (по мощности, частоте вращения и т.п.) агрегаты имеют примерно одинаковые допустимые значения вибрации при достижении предельного

состояния. Общие требования измерения относительной вибрации указаны в ГОСТ Р ИСО 7919-1-99.

В настоящее время базовым нормативным документом, в котором изложены общие руководящие принципы измерения и оценки механической вибрации, а также требования к вибрационным измерениям и критериям оценки состояния машин, считается стандарт ГОСТ ИСО 10816-1-97. Согласно ему, при сосредоточении значительной части вибрационной энергии за пределами диапазона 10–1000 Гц дополнительно нормируется СКЗ виброперемещения и виброускорения в соответствующей полосе частот.

Номенклатура точек измерения, приводимая в стандартах по вибрации поршневых машин, является недостаточной для диагностирования всех важных узлов современных АПД, что ограничивает использование существующих методологий и технологий для объективной оценки технического состояния как АПД в целом, так и технического состояния отдельных их узлов и деталей, поскольку в авиации безопасность при отказе играет определяющую роль. Для развития методологии диагностирования технического состояния АПД с целью обеспечения их безопасной эксплуатации требуется проведение большого числа экспериментальных исследований, а также актуализировать и дополнить нормативную базу в области контроля вибрации АПД.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение вибродиагностики для оценки технического состояния АПД является перспективным методом неразрушающего контроля. Отсутствие необходимости разбора двигателя или его отдельных узлов позволяет экономить не только время, но и материальные ресурсы на эксплуатацию.

Данное направление стремительно набирает популярность у производителей авиационных двигателей, но применять эти методы диагностики целесообразно либо для двигателей, которые изготавливаются крупной серией, либо в научно-исследовательских целях в рамках контроля технического состояния опытных образцов.

Для обеспечения непрерывного мониторинга за техническим состоянием АПД необходимо создавать базы данных, включающие количественные значения диагностических признаков возможных дефектов, а также разрабатывать эффективные алгоритмы и методологию диагностирования состояния двигателей по параметрам вибрации. В будущем внедрение подобных систем мониторинга с оповещением эксплуатанта обеспечит выявление зарождающихся дефектов на ранней стадии, позволит предотвратить аварийные ситуации и увеличить межремонтный срок авиационных поршневых двигателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Машиностроение.** Энциклопедия. Т. IV-14. Двигатели внутреннего сгорания / Л. В. Грехов [и др.]. М.: Машиностроение, 2013. 784 с. [L. V. Grekhov, et al., *Mechanical Engineering. Encyclopedia. Vol. IV-14. Internal combustion engines*, (in Russian). Moscow: Mashinostroenie, 2013.]
2. **Merker G., Schwarz C., Teichmann R.** Fundamentals of Internal Combustion Engines: Mode of Operation, Simulation, Measurement Technology. 9th ed. Germany: Springer-Wiesbaden, 2019. 1117 p. [G. Merker, C. Schwarz, R. Teichmann, *Fundamentals of Internal Combustion Engines: Mode of Operation, Simulation, Measurement Technology. 9th ed.* Germany: Springer-Wiesbaden, 2019.]
3. **Stone R.** Introduction to Internal Combustion Engines. 4th ed. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan Press, 2012. 516 p. [R. Stone, *Introduction to Internal Combustion Engines, 4th ed.* Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan Press, 2012.]
4. **Мягков Ю. В., Шипелов Ю. С.** Определение собственных частот и форм колебаний двигателя внутреннего сгорания // Известия ТулГУ. Технические науки. 2014. № 3. С. 217–220. [Yu. V. Miagkov, Yu. S. Shipelov, "Definition of natural frequencies and mode shapes of ice", (in Russian), in *Izvestiia TulGU. Tekhnicheskie nauki*, no. 3, pp. 217-220, 2014.]
5. **Albarbar A., Gu F., Ball A. D.** Diesel engine fuel injection monitoring using acoustic measurements and independent component analysis // Measurement. 2010. Vol. 43, Iss. 10. Pp. 1376-1386. DOI: 10.1016/j.measurement.2010.08.003. [A. Albarbar, F. Gu, A. D. Ball, "Diesel engine fuel injection monitoring using acoustic measurements and independent component analysis", in *Measurement*, vol. 43, Iss. 10, pp. 1376-1386, 2010. DOI: 10.1016/j.measurement.2010.08.003.]
6. **Науменко А. П.** Методология виброакустической диагностики поршневых машин // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2007. С. 85–94. [A. P. Naumenko, "Methodology of vibration-acoustic diagnostics of reciprocating machines", (in Russian), in *Vestnik MGTU im. N. E. Baumana. Ser. Mashinostroenie*, pp. 85-94, 2007.]

7. **Костюков В. Н., Науменко А. П.** Практические основы виброакустической диагностики машинного оборудования: учебное пособие. Омск: ОмГТУ, 2002. 125 с. [V. N. Kostiukov, A. P. Naumenko, *Practical basics of vibroacoustic diagnostics of machine equipment: textbook*, (in Russian). Omsk: OmGTU, 2002.]
8. **Vibration diagnosis of car motor engines / P. Czech, et al.** // Acta technica corviniensis – Bulletin of engineering. 2010. Fascicule 1. January-March. Tome III. Pp. 37-42. [P. Czech, et al., "Vibration diagnosis of car motor engines", in *Acta technica corviniensis – Bulletin of engineering*, fascicule 1, tome III, pp. 37-42, 2010.]
9. **Antoniou A.** Digital signal processing. USA: McGraw-Hill, 2016. 800 p. [A. Antoniou, *Digital signal processing*. USA: McGraw-Hill, 2016.]
10. **Mitra Sanjit K., Kaiser James F.** Handbook for digital signal processing. NY, USA: John Wiley & Sons Inc, 1993. 1312 p. [K. Mitra Sanjit, F. Kaiser James, *Handbook for digital signal processing*. NY, USA: John Wiley & Sons Inc, 1993.]
11. **Porat B.** A course in digital signal processing. NY, USA: John Wiley & Sons Inc, 1996. 602 p. [B. Porat, *A course in digital signal processing*. NY, USA: John Wiley & Sons Inc, 1996.]
12. **Петрухин В. В., Петрухин С. В.** Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации: учебное пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2010. 176 с. [V. V. Petrukhin, S. V. Petrukhin, *Basics of vibroacoustic diagnostics and vibration measurement tools: textbook*, (in Russian). Moscow: Infra-Inzheneriia, 2010.]
13. **Измерение параметров вибрации.** [Электронный ресурс]. URL: <http://vibropoint.ru/izmerenie-parametrov-vibracii/> (дата обращения 15.02.2021). [*Vibration characteristics measurement* (2021, Feb. 15). [Online], (in Russian). Available: <http://vibropoint.ru/izmerenie-parametrov-vibracii/>]
14. **ГОСТ ИСО 7919-1-2002.** Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах. М.: Стандартинформ, 2007. 16 с. [*Vibration. Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts. General guidelines*, (in Russian), Federal standart ISO 7919-1-2002, Moscow: Standatrinform, 2007.]
15. **ГОСТ Р 53577-2009 (ИСО 13332:2000).** Вибрация. Измерения вибрации, передаваемой машиной через упругие изоляторы. Двигатели внутреннего сгорания поршневые высокоскоростные и среднескоростные. М.: Стандартинформ, 2010. 12 с. [*Vibration. Measurement of vibration transferred into resilient isolators. High-speed and medium-speed reciprocating internal combustion engines*, (in Russian), Federal standart R 53577-2009 (ISO 13332:2000). Moscow, Standatrinform, 2010.]
16. **ГОСТ ИСО 2954-97.** Вибрация машин с возвратно-поступательным и вращательным движением. Требования к средствам измерений. М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. 7 с. [*Mechanical vibration of rotating and reciprocating machinery. Requirements for instruments for measuring vibration severity*, (in Russian), Federal standart ISO 2954-97. Moscow: IPK Izdatelstvo standartov, 1998.]
17. **ГОСТ ИСО 10816-1-97.** Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 1. Общие требования. М.: Издательство стандартов, 1998. 18 с. [*Mechanical vibration. Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts. Part 1. General guidelines*, (in Russian), Federal standart ISO 10816-1-97. Moscow: Izdatelstvo standartov, 1998.]

ОБ АВТОРАХ

СЕМЕНОВ Павел Владимирович, канд. физ.-мат. наук, науч. сотр. ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова». Развивает тему вибродиагностики авиационных поршневых двигателей.

СЕВОСТЬЯНОВ Александр Юрьевич, нач. сектора. Иссл. в обл. измерительных систем стендов и авиационных поршневых двигателей.

METADATA

Title: Features of vibrodiagnostics in the technical condition monitoring of aircraft piston engine (review).

Authors: P. V. Semenov¹, A. Yu. Sevostianov²

Affiliation: Federal Autonomous Institution "Central Institute of Aviation Motors" (FAI "CIAM"), Russia.

Email: ¹piston@ciam.ru, ²aysevostyanov@ciam.ru

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 25, no. 3 (93), pp. 72-79, 2021. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: The necessity of vibration diagnostics of aircraft piston engines is substantiated. The main causes of vibrations in engines with reciprocating parts are described. The structural parameters in the places of vibration occurrence and their influence on the overall vibration pattern are given. The features of vibration activity control in an aircraft piston engine are indicated. The main measured parameters of vibration activity are listed and recommendations on the choice of frequency ranges of measurements are given.

Key words: aircraft piston engine; internal combustion engine; diesel engine; aircraft engine-building; nondestructive testing; vibration.

About authors:

SEMENOV, Pavel Vladimirovich, Cand. of Phys. and Math. Sci. Leading researcher of FAI "CIAM". Develops the topic of vibration diagnostics of aircraft piston engines.

SEVOSTIANOV, Aleksandr Yuryevich, Head of sector. Research in the field of measuring systems of test beds and aircraft piston engines.