

Школа специалистов по вибрации — новая рубрика журнала «Энергетик», предназначенная, прежде всего, для начинающих. Надеемся, что полезную и свежую информацию получат и специалисты со стажем. С одной стороны, планируется обсуждать простые вопросы и использовать многие известные рисунки из учебников. Однако ряд вопросов поднимается впервые и в отличие от классических книг они изложены неформально.

С другой стороны, в последние годы иссяк поток книг, отражающих современные подходы и возможности в области динамики роторных систем. Даже самые лучшие учебники МЭИ оторваны от решения сложных практических вопросов наладки турбин. Часто в книгах опущены практические и сложные вопросы, обсуждаются лишь общие понятия с использованием одномассовых систем. Однако реальные системы, с которыми в процессе эксплуатации приходится сталкиваться специалисту по вибрации и диагносту, даже при линейном подходе имеют свои тонкости. Обратите внимание, например, на разницу собственных и критических частот, которые благодаря большому демпфированию в масляном слое могут отличаться на несколько Гц, при этом демпфирование понижает первые и повышает вторые. В то время как в старой литературе по турбинам между собственными и критическими частотами обычно разницы не делают. В учебниках по турбинам нигде не отражён вопрос, относительно какой линии колеблется валопровод, в некоторых существует путаница в центровках роторов по полумуфтам и несовершенствах сборки. Возникают вопросы при анализе форм колебаний роторов в валопроводе при расцентровках, когда фазы «вдруг» опрокидываются на 180 град.

В простых одномассовых системах демпфирование привязано к массе, в то время как в реальности оно работает, прежде всего, в опорах (основное демпфирование в системе происходит в тонкой масляной плёнке) и это вносит свои особенности в физические процессы при рассмотрении влияния жёсткости опор на собственные частоты. Таким образом, диагностика необходимо глубже переосмысливать элементарную информацию, элементарные математические и физические модели.

На первых порах мы не будем использовать и формулировать сложные математические и физические модели, лишь изредка будем привлекать результаты сложных расчётов. Затем отдельные сложные вопросы будут повторно рассматриваться на новом уровне.

Первые статьи будут посвящены важным терминологическим понятиям, начиная от параметров вибрации и кончая основными динамическими характеристиками элементов, узлов, подсистем и систем турбоагрегата, а также относительно простым моделям.

Правильное понимание терминологии позволяет быстро адаптироваться в сложных вопросах. Однако дать подробные пояснения по каждому термину невозможно. Для тех, кто впервые сталкивается с многими простыми терминами существуют три терминологических ГОСТа. Первый ГОСТ 24346–80, хотя и выпущен в 1980 г., до сих пор действует и посвящён общей терминологии по «Вибрации и удару». Второй ГОСТ 19534–74 содержит терминологический словарь по балансировке. В ГОСТ Р ИСО 2041–2012 введены дополнительные термины по вибрации, удару и контролю технического состояния. Ещё один ГОСТ Р ИСО 13372–2013 посвящён терминам в области диагностики. Поскольку ГОСТы написаны разными людьми в разное время, в них есть ряд противоречий, которые далее отмечаются.

В последующих публикациях мы коснёмся многочисленных динамических свойств элементов турбомашин, а также всех основных практических вопросов, начиная от причин и кончая устранением всех видов вибраций. Изучим вопросы, которые не попали по разным причинам в учебники, отметим некоторые ошибочные или неполные на сегодняшний день представления о некоторых вибрационных явлениях. Многие полезные вопросы будут подняты впервые, с которыми, надеемся, с интересом познакомятся читатели любого ранга. В статьях будет отражён опыт наладки автора и его коллег, а также специалистов ЛМЗ на турбоагрегатах 60–1200 МВт. Предлагаемые материалы родились на основе лекций, прочитанных автором в разные годы на многочисленных курсах повышения квалификации.

Для тех, кто впервые изучает теорию колебаний и динамику турбоагрегатов

рекомендуем для начала ознакомиться с основными представлениями по общим вопросам механических колебаний, конструкциям турбин, сборке турбоагрегатов [1–10]. Начать желательнее с первых страниц книг С. П. Тимошенко [1] и Дж. П. Денгартог [2]. Несмотря на давность издания, это превосходные книги, написанные для будущих инженеров.

Будем рады получить информацию с живыми примерами, дополняющими сказанное. Все интересные примеры будут обобщены и упомянуты с учётом авторства. Надеемся, что ваше прочтение будет глубоким и вы обратите внимание на возможные смысловые опечатки или некорректности и пришлёте свои замечания, пожелания или вопросы.

ОБЩАЯ ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ НАЧАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

1. Тимошенко С. П. Теория колебаний в инженерном деле. — М.: Физматгиз, 1967.
2. Ден-Гартог Дж. П. Механические колебания. — М.: Физматгиз, 1960.
3. Исследование и устранение вибраций турбоагрегатов / М. А. Брановский, И. С. Лисицин, А. П. Сивков. — М.: Энергия, 1969. В этой книге следует читать методическую часть, включая обработку результатов и испытания.
4. Бидерман В. Л. Прикладная теория механических колебаний. — М.: Высшая школа, 1972. Это современная книга по теории колебаний для студентов вузов.
5. Паровые и газовые турбины для электростанций / А. Г. Костюк, В. В. Фролов, А. Е. Булкин, А. Д. Трухнин. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — 557 с. Главы по конструкции и по вибрации элементов турбоагрегатов. Современная книга по турбинам для студентов теплотехников и механиков по турбинам.
6. Костюк А. Г. Динамика и прочность турбомашин. — М.: Издательский дом МЭИ, 2007.
7. Монтаж и наладка турбоагрегатов и вспомогательного оборудования машинного зала / Б. В. Абалаков, В. П. Банник, Б. И. Резников. — М.: Энергия, 1976.
8. Гольдин А. С. Вибрация роторных машин. — М.: Машиностроение, 2000. К прочтению рекомендуется прежде всего глава по балансировке.
9. РД 153-34.1-30.604-00. Методические указания по балансировке многоопорных валопроводов турбоагрегатов на электростанциях. — М.: ОАО ВТИ, 2004.
10. Вибрации в технике. Справочник. Т. 1., Т. 3. Т. 6. Под ред. Ф. М. Диментберга и К. С. Колесникова. — М.: Машиностроение, 1980.