

**О снижении вибрации энергетических установок**

Студент гр. 106328 Алексевич С.Т.

Научный руководитель – Филянович Л.П.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Вибрации трубопроводов энергетических установок проявляются в виде периодических перемещений сечений трубопровода около некоторого «нулевого» положения, к которому трубопровод возвращается при затухании вибрации. Это положение называют положением равновесия. Трубопровод, как и всякая механическая упругая система, если его вывести из состояния равновесия, будет находиться под действием восстанавливающих упругих сил, интенсивность которых пропорциональна отклонению сечений трубопровода от исходного положения. Под действием этих сил трубопровод будет стремиться возвратиться к исходному положению. Вследствие наличия инерции массы трубопровода при достижении положения равновесия движение не может мгновенно прекратиться, и возникают колебания.

На трубопроводы энергетических установок воздействуют нагрузки, обусловленные конструктивно-технологическими и эксплуатационными факторами.

Для удобства анализа надежности трубопроводных систем нагрузки разделяют на три основные группы: статические; повторно-статические; динамические.

К статическим относятся нагрузки, вызываемые внутренним давлением теплоносителя в системах, весом трубопровода и теплоносителя, деформация трубопроводов при монтаже и замене агрегатов и связанного с трубопроводами оборудования.

Повторно-статические нагрузки вызываются внутренним давлением теплоносителя при срабатывании запорной арматуры и клапанов, температурными деформациями, тепловым ударом, а также при замене или регулировке упругих опор и т.п.

К динамическим нагрузкам относятся нагрузки, вызываемые вибрацией агрегатов и технологического оборудования, пульсирующим потоком теплоносителя, гидравлическими ударами, а также инерционными нагрузками при кинематическом возбуждении колебаний трубопроводов.

Вращающиеся роторы, воздействуя на свои опоры, вызывают вибрации корпусов и вибрации всей машины в целом на ее опорах. Если с такой машиной окажутся жестко связаны трубопроводы, то узлы стыковки трубопроводов с корпусом в процессе вибрации последнего будут также перемещаться вместе с машиной. Главным источником вибрации трубопроводов в энергетических установках в большинстве случаев является пульсирующий поток транспортируемого по трубопроводам теплоносителя.

При работе циркуляционных и питательных насосов в трубопроводах часто возникают значительные колебания давления, возбуждаемые насосами. Возникновению колебаний давления в трубопроводах с пульсирующим потоком способствует наличие крутых поворотов технологических трубопроводов, гибов и разветвлений. При этом особенно высокие амплитуды колебаний имеют место при образовании в трубопроводных системах стоячих волн, которые создаются при отражении периодических импульсов давления в теплоносителе от неоднородностей трубопроводов. Особенно опасными являются условия акустического резонанса.

Возможности появления неисправностей в трубопроводах энергетических установок под действием вибрации весьма разнообразны.

При вибрациях трубопроводов энергетических установок должна быть обеспечена достаточная виброустойчивость конструкции. Это требование ограничивает вибросмещение трубопроводной системы уровнем, безопасным для нормального функционирования технологического оборудования и для прочности силовых элементов, связанных с трубопроводом. Обеспечение виброустойчивости трубопровода может быть также осуществлено различными средствами. В частности, предъявляются требования к частотным спектрам колебаний трубопроводов, исключающих динамические воздействия со стороны трубопровода на элементы оборудования с резонансными частотами последних. Аналогично способам обеспечения прочности требование виброустойчивости может означать, что условиями нормальной эксплуатации энергетической установки наложены ограничения по виброактивности на различные элементы трубопроводной системы, например назначен допуск на предельные уровни колебаний давления на входе основных технологических агрегатов, ограничены вибрации корпусов циркуляционных насосов, установлен предел для максимальных динамических усилий со стороны опор трубопровода на фундамент и т.п.

Вибрации трубопроводов во многом определяются:

- соотношением основных гармоник возмущающего воздействия и спектра собственных частот трубопровода; при совпадении составляющих спектра (нагрузок с собственными частотами) возникают резонансные вибрации трубопроводов;
- величинами возмущающих воздействий, которые непосредственно определяют амплитуды вибраций, усилия в трубопроводе;
- направлением действия внешних возмущающихся сил и распределением их по длине трубопровода;
- демпфирующими свойствами трубопроводов и их опор.

Выбор наиболее эффективного метода устранения вибраций может быть сделан только в результате тщательного анализа всех этих факторов. Иначе применение метода, эффективного в одних случаях, может привести к увеличению вибраций и разрушения конструкции в других случаях.

В качестве меры борьбы с вибрациями часто используют крепления вибрирующих трубопроводов к несущим конструкциям. Применение такого метода может приводить к разрушению опор и нарушению связей, на которые передаются усилия, возникающие в местах креплений. Известны случаи, когда вибрации трубопроводов, закрепленных к конструкциям цехов, приводили к разрушению зданий. Это связано с тем, что опоры и крепления устанавливаются без тщательного анализа характера вибраций, который определяется взаимодействием источников возмущений с трубопроводной механической системой.

К настоящему времени разработаны многочисленные методы для устранения вибраций конструкций. Условно их можно разработать на следующие группы:

- методы уменьшения возмущающих сил (уравновешивание роторов, улучшение проточной части трубопроводных систем с целью снижения возмущений колебаний давления теплоносителя);
- методы, предусматривающие изменения параметров трубопроводов с целью отстройки собственных частот колебаний от частот возмущающих сил;
- методы виброизоляции и амортизации трубопроводов от источников вибраций;
- методы динамического гашения вибраций с помощью специальных динамических и импульсных гасителей колебаний или при помощи специальных систем электромеханической обратной связи;
- методы демпфирования колебаний силами трения.

Снижение амплитуд колебаний давления в трубопроводах энергетических установок может достигаться следующими способами:

- созданием трубопроводной системы, спектр собственных частот которой отличается от частот внешних воздействий, что предотвращает возможность возникновения резонансных колебаний в среде теплоносителя;

- устранением или уменьшением интенсивности источников возмущений в проточной части трубопроводной системы;

- применением гасителей колебаний давления.