

нижнему слою топлива и поддерживает пиролиз. Полученное тепло может быть использовано для нагрева любых теплоносителей – воды, воздуха [1].

Основным плюсом такого способа сжигания топлива является полное сгорание топлива, снижение выбросов в атмосферу угарного газа (вследствие его дожигания), возможность сжигания топлива без предварительного измельчения что уменьшает затраты на топливоподготовку.

Список использованных источников

1. Опыт сжигания непроектных топлив в котлах БКЗ-210-140 / Лоншаков А. С., Шемпелев А. Г. // Гл. энергетик. 2015 № 11-12. С. 44-51

УДК 621.36

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ВИБРАЦИЙ В ТРУБОПРОВОДАХ С ДВУХФАЗНЫМ ПОТОКОМ

EXPERIMENTAL STAND FOR RESEARCH OF WAYS TO REDUCE VIBRATIONS IN PIPELINES WITH TWO-PHASE FLOW

Хоссейн Исмаил^{1,2}, Чиканцев Г.², Догарев Р.², Велькин В. И.²

¹Даккский технический университет (Бангладеш)

²Уральский федеральный университет, Екатеринбург

Hossein Ismail^{1,2}, Chikancev G.², Dogarev R.², Velkin V. I.²

¹Technical University of Dhaka (Bangladesh)

²Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В работе представлен экспериментальный стенд с прямолинейными и поворотными участками, характерными для трубопроводов в энергетическом оборудовании. На стенде возможно формирование двухфазных потоков с высокими расходными параметрами по воде и газу (воздуху) и изменением относительного паросодержания f от 0 до 1. Регистрация вибрационных характеристик при течении двухфазных потоков с различными параметрами осуществляется автоматически виброметром СД-12 М.

Abstract: The paper presents the experimental stand with a straight and turning plots, characteristic of pipelines in the energy equipment. On the stand, the formation of two-phase flows with high consumable parameters for water and gas (air) and the change in the relative void fraction f between 0 and 1. Check the vibration characteristics in the flow of two-phase flows with different parameters is performed automatically by the vibration meter SD-12 M.

Ключевые слова: *вибрация трубопроводов; двухфазный поток; завихрители.*
Key words: *vibration of pipelines; two-phase flow; swirlers.*

Актуальность проблемы продления ресурса атомных электростанций (АЭС) подтверждена на правительственном уровне и выражена в «Стратегии развития атомной энергетики в первой половине XXI века», предусматривающей продление срока эксплуатации действующих АЭС после окончания 30-летнего срока службы [1].

В многочисленных работах исследователей неоднократно отмечено, что одной из главных проблем преждевременного выхода из строя оборудования являются динамические вибрации оборудования, имеющие достаточно сложный и случайный характер [2, 3]. Наличие источников вибрации, либо факторов, способствующих ее появлению, приводит к тому, что осуществление рабочих процессов неизбежно связано с появлением различных переменных сил, которые отрицательно влияют на прочность и надежность трубопроводных систем и несущих конструкций [4, 5].

В последнее время изданы значимые работы [6-8], направленные на решение проблем продления ресурса оборудования и, в частности, трубопроводов АЭС.

Вынужденные колебания трубопроводов в энергетических установках в большинстве случаев возбуждаются колебаниями потока теплоносителя. Теплоноситель, протекающий по трубопроводу с постоянной скоростью, вызывает статические деформации трубопровода. Эти деформации вибраций не вызывают. Когда поток теплоносителя пульсирует, в трубопроводе возникают переменные усилия, которые и являются причиной вибраций. Теплоноситель при колебаниях проявляет свойства акустической среды, и поэтому для определения нагрузок в трубопроводных системах необходимо проводить анализ и расчет его акустических колебаний: виброперемещений, виброскоростей и виброускорений.

На АЭС и ТЭС вибрация трубопроводов с двухфазными вскипающими потоками превратилась в серьезную проблему, затрудняющую в некоторых случаях эксплуатацию оборудования. Эта проблема затрагивает в основном вспомогательные трубопроводы, какими являются трубопроводы продувок (непрерывных и периодических), «растопочные» трубопроводы, служащие для отвода сконденсировавшегося пара в паропроводах при пуске энергоустановки, и трубопроводы технологических дренажей тепловой схемы, в том числе трубопроводы отборов пара и конденсаторопроводы сепараторов пароперегревателей (СПП) и подогревателей высокого давления (ПВД).

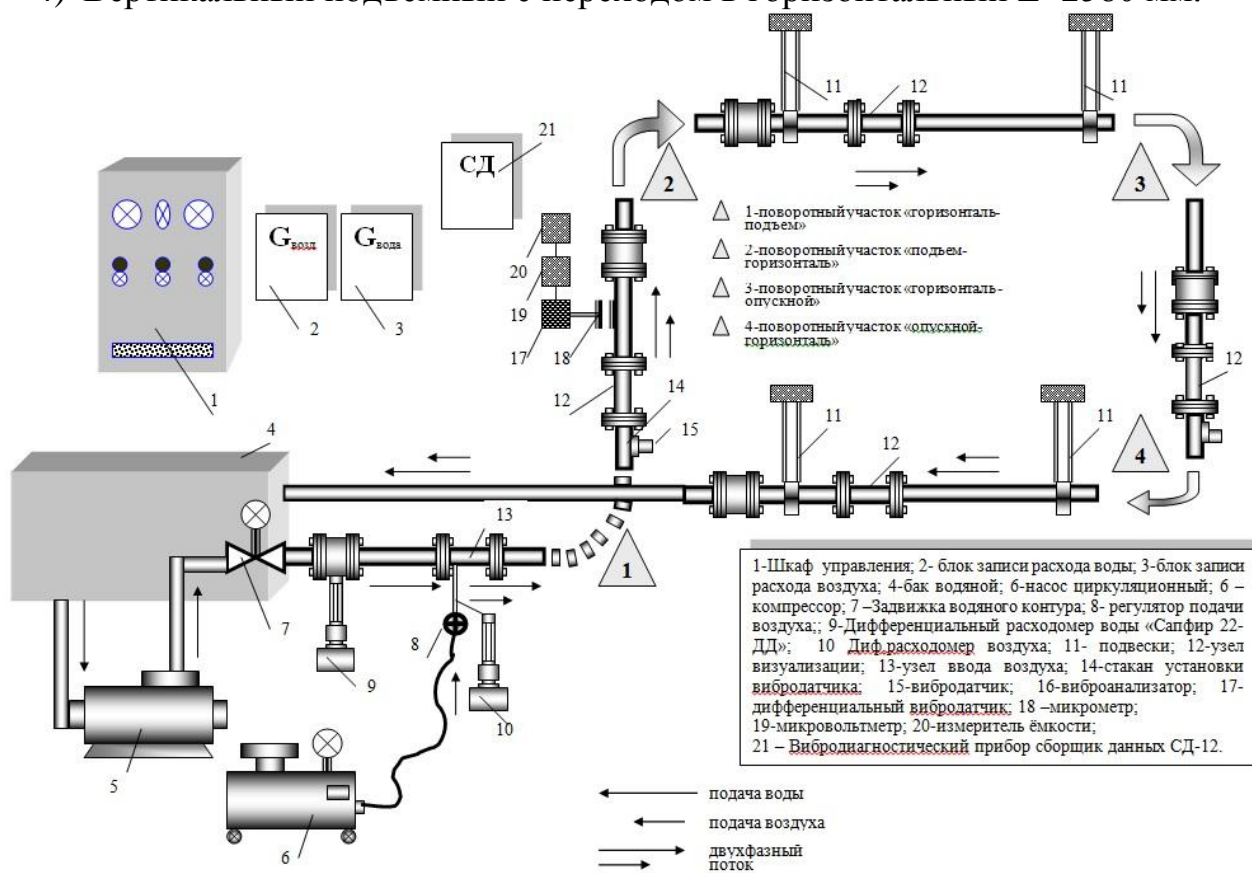
В Уральском федеральном университете разработан и создан низконапорный стенд, предназначенный для исследований вибраций трубопроводов. Схема установки представлена на рисунке.

Установка представляет собой замкнутый циркуляционный контур, состоящий из горизонтальных, вертикальных и криволинейных участков, в которых наиболее часто возникают колебания. Эти (переходные) участки снабжены площадками для монтажа вибродатчиков.

Для наблюдения за структурой потока стенд снабжен прозрачными вставками (узлами визуализации). Моделирование двухфазного потока осуществляется вводом в поток жидкости (через узел смешения) воздуха. Для снижения вибраций и устранения воздействия собственных колебаний металлоконструкций и здания на стенд, трубопровод закреплен на технологических подвесках с двумя степенями свободы.

Основные характеристики исследуемых участков трубопроводов:

- диаметр трубопровода $D=45$ мм,
- длины участков:
 - 1) горизонтальный с переходом в подъемный $L=3090$ мм,
 - 2) горизонтальный с переходом в опускной $L=3270$ мм,
 - 3) вертикальный опускной с переходом в горизонтальный $L=2060$ мм,
 - 4) Вертикальный подъемный с переходом в горизонтальный $L=2580$ мм.



Экспериментальный стенд для исследований двухфазных течений

Стенд предназначен для проведения исследований вибрационно-опасных режимов в широких диапазонах расходов и объемных паросодержаний потока, а также разработки методов управления (снижения) вибраций трубопроводов с применением пассивных устройств (завихрителей), которые позволят повысить ресурс данного оборудования.

Список использованных источников

1. Антонов Б. В. Состояние и проблемы действующих АЭС // Вестник концерна «Росэнергоатом». 2002. № 7.
2. Федорович Е. Д., Фокин Б. С., Аксельрод А. Ф. [и др.] Вибрации элементов оборудования ЯЭУ. М. : Энергоатомиздат, 1989. 168 с.
3. Гусев Б. Д., Калинин Р. И., Благовещенский А. Я. Гидродинамические аспекты надежности современных энергетических установок. Л. : Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1989. 216 с.
4. Гетман А. Ф. Концепция безопасности «течь перед разрушением» для сосудов и трубопроводов давления АЭС. М. : Энергоатомиздат, 1999. 258 с.
5. Гетман А. Ф. Ресурс эксплуатации сосудов и трубопроводов атомных электростанций. М. : Энергоатомиздат, 2000. 427 с.
6. Yang Liu , Shuichiro Miwa , Takashi Hibiki, Mamoru Ishii , Hideyuki Morita, Yoshiyuki Kondoh, Koichi Tanimoto. Experimental study of internal two-phase flow induced fluctuating force on a 90⁰ elbow // Chemical Engineering Science. 2012. Vol. 76. P. 173–187.
7. Chen An, Jian Su. Dynamic behavior of pipes conveying gas–liquid two-phase flow // Nuclear Engineering and Design. 2015. Vol. 292. P. 204–212.
8. Shuichiro Miwa, Michitsugu Mori, Takashi Hibiki. Two-phase flow induced vibration in piping systems // Progress in Nuclear Energy. 2015. Vol. 78. P. 270-284.

УДК 620.39

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАССИВНЫХ УСТРОЙСТВ НА ВИБРАЦИЮ ТРУБОПРОВОДОВ С ДВУХФАЗНЫМ ПОТОКОМ

STUDY OF THE EFFECT OF PASSIVE DEVICES ON VIBRATION OF PIPELINES WITH TWO-PHASE FLOW

Хоссейн Исмаил^{1,2}, Чиканцев Г.², Догарев Р.², Велькин В. И.²

¹Даккский технический университет (Бангладеш)

²Уральский федеральный университет, Екатеринбург

Hossein Ismail^{1,2}, Chikancev G.², Dogarev R. ², Velkin V. I. ²

¹Technical University of Dhaka (Bangladesh)

² Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В статье рассмотрены различные типы пассивных устройств-завихрителей, предназначенных для снижения вибраций трубопроводов. Особенность завихрителей, рассмотренных в данной статье – наличие внутреннего направляющего (выступающего) элемента. При использовании