

технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2023. – № 3. — С. 67-79.

2. Гарипов Т.Т. Моделирование процесса гидроразрыва пласта в пороупругой среде // Математическое моделирование. – 2006. – Т. 18, № 6. – С. 53-69.

3. Бархатов Э.А., Ярксеева Н.Р. Эффективность применения многозонного гидроразрыва пласта в горизонтальных скважинах // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2017. – Т. 328, № 10. – С. 50-58.

4. Войтехин, О. Л. Новые подходы к прогнозированию геометрии трещин гидроразрыва в условиях ультранизкопроницаемых карбонатных коллекторов [Электронный ресурс] / О. Л. Войтехин ; науч. рук. А. Б. Невзорова // Студенческий научный движ : материалы научно-технической конференции аспирантов, магистрантов, студентов, Гомель, 25 марта 2025 г. / под общ. ред. д.т.н., проф. А. Б. Невзоровой. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2025. – С. 15–16.

УДК

## **АНАЛИЗ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПРИЧИНЫ ВИБРАЦИИ ТРУБОПРОВОДА НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ УСТАНОВКИ ГИДРОКРЕКИНГА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА**

**Юй Янян (аспирант)**

*Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого,  
Республика Беларусь*

*Чжэцзянская нефтехимическая компания с ограниченной  
ответственностью, Китай*

**Актуальность.** С момента первого запуска установки гидрокрекинга дизельного топлива мощностью 3,5 млн тонн в год нефтехимической компанией в 2020 году вибрация трубопровода нагревательной печи в нижней части ректификационной колонны была высокой [1]. В некоторых трубопроводах значения вибрации могут достигать более  $25 \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1}$ , что серьезно угрожает безопасной эксплуатации установки. Вибрация в нижней части трубопровода нагревательной печи может возникать из-за термического расширения/сжатия, гидродинамических факторов (например, турбулентность, кавитация), термических факторов (расширение и сжатие трубы при изменении температуры рабочей сред или окружающей сред), механических проблем (износ опор, неправильная установка) или резонанса,

при которой частота вибрации может совпадать с собственной частотой трубопровода, что приводит к резкому усилению колебаний [2,3].

**Цель работы** – провести сравнительный анализ двух схем: установки демпфера на выходном трубопроводе печи и изменения направления потока в выходном трубопроводе печи, для разработки предложений по снижению вибрации выходного трубопровода печи.

**Анализ полученных результатов.** Анализ вибрационных характеристик и принципов работы двенадцати трубопроводов на выходе из нагревательной печи позволил определить, что скорость потока среды в трубопроводе высока, наблюдается очевидный двухфазный поток среды, а компоновка выходного трубопровода является сложной. Сложность компоновки выходного трубопровода для двухфазного потока связана с необходимостью учёта нестабильного течения, раздела фаз и влияния гравитации, что требует применения специальных конструктивных решений. В таких системах часто используют вертикальные участки, сепараторы и плавные переходы для минимизации гидроударов и обеспечения раздельного сбора фаз, а также выбирают соответствующую геометрию для предотвращения образования газовых мешков или скопления жидкости.

Нестабильность потока может вызывать резкие скачки давления (гидроудары), которые могут повредить трубопровод и арматуру. Вибрация вблизи тройника часто вызвана резким изменением направления и скорости потока жидкости или газа. Воздушные карманы, турбулентность, изменения температуры и неравномерный износ труб также могут являться основной причиной чрезмерной вибрации 12 выходных труб печи.

Проанализированы вибрационные характеристики и принцип действия выходной трубы нагревательной печи. Установлено, что для решения проблемы вибрации выходной трубы нагревательной печи, необходимо на выходной трубе установить амортизирующие средства – демпферы в виде либо прослойки из амортизирующего материала, либо в виде отдельных опор, к примеру, пружинных виброизоляторов - одной или нескольких стальных винтовых пружин, гасящие вибрации трубы и преобразовать их компоновку.

После установки демпфера на выпускную трубу нагревательной печи величина вибрации трубы была значительно снижена. Максимальная величина вибрации снизилась с 25,1 мм/с до 5,7 мм/с. По сравнению с исходной выходной трубой нагревательной печи средняя величина вибрации снизилась примерно на 13,5 мм/с. После изменения расположения выходных труб нагревательной печи максимальное значение вибрации 12 выходных труб печи составило 1,9 мм/с, а среднее значение вибрации составило 1,65 мм/с, что на 16,7 мм/с ниже значения вибрации до преобразования. По сравнению с добавлением демпфирующей схемы величина вибрации

трубопровода снижается в среднем на 3,3 мм/с. После изменения схемы трубопровода уровень вибрации трубопровода находится в более безопасном рабочем состоянии.

**Заключение.** Основной причиной вибрации выходного трубопровода крупной нагревательной печи является сложная компоновка трубопровода, частые изменения направления потока, а также наличие в трубопроводе двухфазного потока газа и жидкости, что создает значительные ударные нагрузки на участках, таких как колена. Для трубопроводов с относительно небольшим превышением исходной амплитуды вибрации и относительно простой компоновкой использование демпферов для снижения вибрации трубопровода дает заметный эффект. Для полного решения проблемы вибрации выходного трубопровода нагревательной печи необходимо провести полную реконструкцию системы выходного трубопровода. Уменьшение количества колен вблизи нагревательной печи позволяет эффективно снизить сопротивление потоку среды внутри трубопровода.

**Благодарность.** Авторы выражают признательность китайской компании Zhejiang Petrochemical Co., Ltd за оказанную помощь при проведении данного исследования.

#### **Список литературы**

1. Юй, Янян Исследование характеристик механического уплотнения питательного насоса высокого давления установки гидрокрекинга [Электронный ресурс] / Янян Юй ; науч. рук. А. Б. Невзорова // Студенческий научный движ : материалы научно-технической конференции аспирантов, магистрантов, студентов, Гомель, 25 марта 2025 г. / под общ. ред. д.т.н., проф. А. Б. Невзоровой. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2025. – С. 20–21.

2. Corrosion Analysis and Protection of High-Efficiency Composite Air Cooler Tube Bundles / YU Yangyang, ALLA Neuzorava, CHEN Guodong, YAO Guangxiong, ZHENG Guiliang. – Liaoning Chemical Industry. –2025. – Vol.54, No. 7 July. – pp. 1178–1180.

3. Юй, Я. Анализ факторов и меры по устранению неисправностей клапанов поршневого компрессора 4M125 / Я. Юй, А. Б. Невзорова // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2025. – № 3 (102). – С. 18–27. – DOI 10.62595/1819-5245-2025-3-18-27