

ОЧИСТКА ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОАППАРАТУРЫ ПРИ ПОМОЩИ КАВИТАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В статье представлены результаты кавитационной очистки элементов гидравлической аппаратуры, которые работают в тяжелых условиях эксплуатации. Исследовано влияние гидродинамической кавитации на очищаемую поверхность, а также дана оценка кавитационной стойкости конструктивных материалов, которые используются в современном гидромашиностроении. На основании проведенных исследований разработаны рекомендации для эффективного режима очистки поверхностей от загрязнений.

Ключевые слова: кавитация, очистка, кавитационная эрозия, режим очистки, кавитационный генератор, гидропривод.

Тарасенко Тарас Валерійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри гідрогазових систем, Національний авіаційний університет, e-mail: nauggs18@ukr.net.

Зайончковський Геннадій Йосипович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри гідрогазових систем, Національний авіаційний університет, e-mail: evgenia_zay@mail.ru.

Тарасенко Тарас Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры гидрогазовых систем, Национальный авиационный университет.

Зайончковский Геннадий Иосифович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой гидрогазовых систем, Национальный авиационный университет.

Tarasenko Taras, National Aviation University, e-mail: nauggs16@ukr.net.

Zaionchkovskiy Gennadii, National Aviation University, e-mail: evgenia_zay@mail.ru

УДК 662.99

Назаренко И. А.

ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ДЛЯ РЕЗЕРВУАРОВ С ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМ ПЕКОМ

В статье приводится анализ теплоизоляционных материалов для снижения тепловых потерь в окружающую среду резервуаров с высокотемпературным пеком. Обосновано решение необходимости применения тепловой изоляции для вертикальных стальных резервуаров. Показано, что снижение тепловых потерь позволит сократить расход теплоносителя на 30 %. Полученные результаты могут быть положены в разработку энергосберегающих режимов работы участка пекового хозяйства ПАО «Укрграфит».

Ключевые слова: тепловая изоляция, тепловые потери, высокотемпературный пек, вертикальный стальной резервуар.

1. Введение

Одной из важнейших задач, поставленных наукой и практикой, является проблема повышения уровня конкурентоспособности отечественной продукции на внутреннем и внешнем рынках. Решение этих вопросов возможно за счет повышения ее качества и снижения себестоимости на основе повышения уровня энергоресурсосбережения. Система подготовки и нагрева пека при производстве электродной продукции представляет собой сложный комплекс трубопроводов, оборудования и сооружений, который потребляет значительную часть энергетических ресурсов собственных потребностей предприятия в процессе эксплуатации. При хранении высоковязких жидкостей в вертикальных наземных резервуарах основной проблемой являются значительные тепловые потери в окружающую среду и в грунт. Особое место в решении данной проблемы отводится не только новому строительству, но и эксплуатируемому технологическому оборудованию, теплотехнические характеристики которого не соответствуют современной концепции энергосбережения. Тепловая изоляция является необходимым элементом промышленного оборудования, обеспечивающим принципиальную возможность проведения технологических

процессов на заданном температурном уровне при оптимальном потреблении топлива — энергетических ресурсов. Повышение энергоэффективности и эксплуатационной надежности и долговечности теплоизоляционных конструкций достигается за счет применения высококачественных изоляционных материалов и совершенствования конструктивных решений и является одним из важных направлений в реализации программы энергосбережения.

2. Постановка проблемы

На предприятиях по производству графитированных электродов предъявляются жесткие требования к технологии хранения высокотемпературного пека, поэтому тепловая изоляция помимо функций энергосбережения, обеспечивает возможность проведения технологических процессов нагрева пека на заданном температурном уровне. На сегодняшний день, на рынке Украины представлен широкий выбор различных теплоизоляционных материалов, как отечественных, так и зарубежных производителей, поэтому необходимо выполнить анализ и обосновать выбор теплоизоляционного материала для данного технологического процесса.

3. Анализ основных исследований и публикаций по данной проблеме

В ходе изучения данного вопроса [1–11] было выявлено два основных способа изоляции вертикальных стальных резервуаров с большим радиусом кривизны для хранения высоковязких жидкостей: 1) использование минераловатных матов, которые крепятся к поверхности резервуара и покрываются сверху защитным покрытием (Nobasil LSP, Techrock, Wired Mat, Firebatts 110, Industrial wool); 2) сверхтонкое покрытие с толщиной слоя 0,4 мм (TEMP-COAT). При выборе изоляционного материала необходимо учитывать прочностные и деформационные свойства резервуаров, требования пожарной безопасности.

Nobasil LSP предназначен для тепловой, звуковой и противопожарной изоляции строительных конструкций, для изоляции трубопроводов, систем кондиционирования, вентиляционных и трубопроводных отопительных устройств. Дополнительные теплосберегающие свойства материалу придает отражающий слой из алюминиевой фольги. Отличается повышенной прочностью на сжатие и поэтому сохраняет свою стандартную толщину и при сжатии; легко приспосабливается к различным формам конструкции; предельная положительная температура изолируемых поверхностей 500 °С; алюминиевая фольга является защитой и отражающим слоем; не повышает коррозионную агрессивность наружной среды при соприкосновении с металлическими материалами.

Наносимая тепловая изоляция, разработанная компанией TEMP-COAT® Brand Products, LLC, США, легко наносится на специально подготовленные поверхности. Имеет хорошее сцепление, не отслаивается при температурах от –62 до +240 °С. При соблюдении инструкций по нанесению не будет работать при +260 °С. Материал представляет собой смесь акриловых полимеров со специальным инновационным материалом – диспергированной матрицей из пяти видов керамических микросфер. Расчетный коэффициент теплопроводности составляет 0,001 Вт/м °С. Важным является тот факт, что данный материал не токсичен, не требует дополнительных строительных мероприятий по устранению эффекта «точки росы» и не теряет своих свойств под действием атмосферных осадков и времени. Срок службы данного материала составляет 20 лет, тогда как для минераловатных плит – 5 лет.

Использование TEMP-COAT обеспечивает не только энергосбережение, но и солидную экономию средств, т. к. покрытие прослужит долгие годы. Это делает его хорошей альтернативной традиционным способом энергосбережения, применяемым в промышленности.

4. Постановка задачи и результаты исследований

Целью дальнейших исследований является анализ и выбор эффективной изоляции для поддержания постоянства температуры пека в наземном вертикальном стальном резервуаре.

Ранее была определена, эффективна толщина изоляции Nobasil LSP. Результаты расчетов представлены на рис. 1.

Из графика видно, что эффективной толщиной теплоизоляционного материала Nobasil LSP будет 0,04 м.

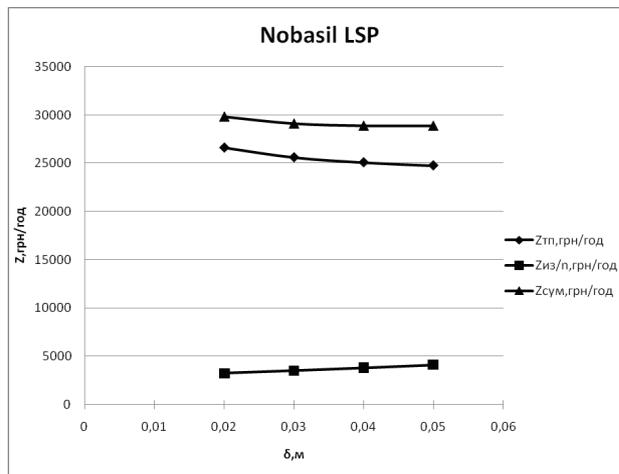


Рис. 1. Определение эффективной толщины изоляции для Nobasil LSP

Исходными данными для анализа являются:

Наружный диаметр резервуара – $d_n = 10$ м.

Высота резервуара $H = 9$ м.

Толщина стенки резервуара $\delta_{ст} = 0,005$ м.

Площадь боковой стенки $F_1 = 291$ м².

Площадь крыши $F_2 = 81,7$ м².

Объем резервуара $V = 650$ м³.

Температура пека – $t_{пек} = 180$ °С.

Температура окружающей среды – $t_{oc} = -22$ °С.

Коэффициент теплоотдачи в окружающую среду – $\alpha_2 = 23$ Вт/(м²*К).

Коэффициент теплопроводности стенки резервуара $\lambda_{ст} = 45$ Вт/(м*К).

Коэффициент теплопроводности материала Nobasil LSP $\lambda_{из} = 0,038$ Вт/(м*К).

Коэффициент теплопроводности материала TEMP-COAT $\lambda_{из} = 0,001$ Вт/(м*К).

Допущения: термическим сопротивлением теплоотдачи от горячего теплоносителя пренебрегаем. $R_{вн} = 0$.

Необходимо обеспечить падение температуры пека не более 1 °С в сутки.

Количество теплоты, теряемое при хранении пека

$$Q = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta t. \quad (1)$$

Тепловые потери $Q_{пот}$, МДж/м, неизолированного резервуара

$$Q_{пот} = \frac{\pi \cdot l \cdot (t_{пек} - t_{oc})}{\frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_n}}. \quad (2)$$

Тепловые потери $Q_{пот}$, МДж/м, теплоизолированного резервуара

$$Q_{пот} = \frac{\pi \cdot l \cdot (t_{пек} - t_{oc})}{\frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_n}}. \quad (3)$$

Стоимость годовых тепловых потерь изолированного и неизолированного трубопровода $z_{тп}$, грн/год, определяется по формуле

$$z_{тп} = \frac{Q_{пот}}{\eta \cdot Q_p^n} \cdot \tau \cdot Z_T. \quad (4)$$

Стоимость изоляции за год $Z_{из/n}$, грн/год

$$Z_{из/n} = \frac{Z_{из}}{n}, \quad (5)$$

где n – срок службы тепловой изоляции.

Суммарная стоимость изоляции $Z_{сум}$, грн/год

$$Z_{сум} = z_{ТП} + Z_{из/n}. \quad (6)$$

Экономия денежных средств при изолировании Δ , грн/год

$$\Delta = z_{ТП} - z_{ТП}. \quad (7)$$

Срок окупаемости P , лет, выбранной изоляции определяется по формуле

$$P = \frac{K_3}{\Delta}, \quad (8)$$

где K_3 – капитальные затраты на изоляцию, грн.

Результаты расчетов тепловых потерь и срока окупаемости приведены на рис. 2–3.

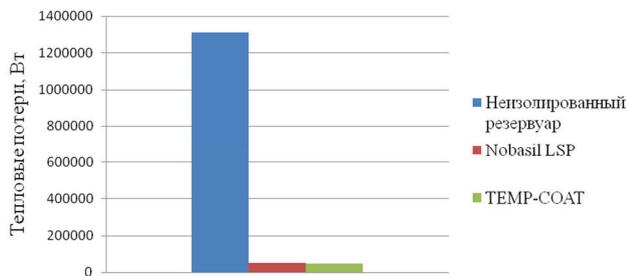


Рис. 2. Тепловые потери резервуара с высокотемпературным пеком

Из рис. 2 видно, что использование тепловой изоляции Nobasil LSP уменьшает тепловые потери в 25 раз, а изоляционного покрытия TEMP-COAT в 28 раз.

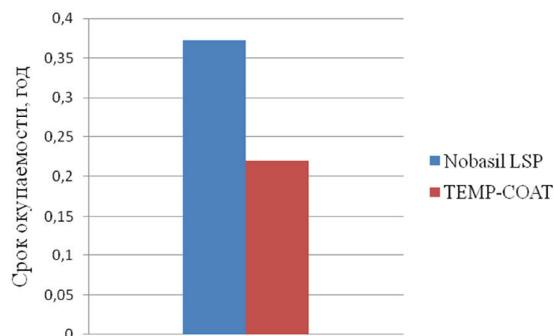


Рис. 3. Срок окупаемости проектов по изоляции резервуара с высокотемпературным пеком

Анализируя результаты расчета срока окупаемости проекта, можно сделать вывод, что при использовании материала TEMP-COAT данный показатель составляет 0,22 года, а для Nobasil LSP 0,37 года.

5. Выводы

Доказано, что разовые капитальные вложения при изолировании резервуаров с высокотемпературным пеком многократно окупаются в период эксплуатации.

Сокращение энергопотребления также благотворно сказывается и на экологической обстановке в регионе. С точки зрения экономической целесообразности применения тепловой изоляции выбор следует остановить на TEMP-COAT, так как срок службы данного материала в 4 раза дольше, срок окупаемости в 1,7 раза меньше. Снижение тепловых потерь за счет тепловой изоляции вертикальных стальных резервуаров с высокотемпературным пеком позволит сократить расход теплоносителя на 30 %. К очевидным преимуществам данного материала следует отнести, отсутствие выпадения конденсата на поверхности, что важно при изолировании металлических резервуаров с высокотемпературным пеком, а так же простота в нанесении.

Литература

1. СНиП 2.04.14-88 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [Текст]. – Введ. 2011-11-01. – К.: Мінергобуд України, 2011. – 123 с.
3. Грушман, Р. П. Справочник теплоизолирующих [Текст] / Р. П. Грушман. – Л.: Стройиздат, 1987. – 80 с.
4. Хижняков, С. В. Практические расчеты тепловой изоляции [Текст] / С. В. Хижняков. – М.: Энергия, 1976. – 197 с.
5. Филимонов, С. С. Теплообмен в многослойных и пористых теплоизоляциях [Текст] / С. С. Филимонов, И. М. Хрусталева, И. М. Мазилин. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 181 с.
6. Текунов, Ю. Н. Теплоизоляция промышленного оборудования и трубопроводов [Текст] / Ю. Н. Текунов, Э. Л. Блох, А. С. Пушкарский. – М.: Стройиздат, 1985. – 159 с.
7. Зарубин, В. С. Расчет и оптимизация термоизоляции [Текст] / В. С. Зарубин. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 189 с.
8. Лисиенко, В. Г. Хрестоматія енергосбереження. Т. 1 [Текст] / В. Г. Лисиенко. – М.: Теплотехник, 2005. – 688 с.
9. Viskanta, R. Radiation Heat transfer from High Temperature Combustion Products [Текст] / R. Viskanta, Y. Wang // Mathematical Modeling, Control and Advanced Technological Processes Series: Heat and Mass Transfer? Energy and Environment. Collection of Scientific Works. – Yekaterinburg: UGTU, 1999. – № 1. – pp. 75–88.
10. Eckert, E. R. G. Analysis of heat and Mass Transfer [Текст] / E. R. G. Eckert, R. M. Drake. – McGraw, N. Y., 1972. – 189 p.
11. Wilde James, D. Heat conservation in industrial furnaces. [Текст] / D. Wilde James // Iron and Steel Eng., 10. – 1982. – pp. 44–47.

ВИБІР ЕФЕКТИВНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ДЛЯ РЕЗЕРВУАРІВ З ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИМ ПЕКОМ

У статті приводиться аналіз теплоізоляційних матеріалів для зниження теплових втрат у навколишнє середовище резервуарів з високотемпературним пеком. Обґрунтовано рішення необхідності застосування теплової ізоляції для вертикальних сталевих резервуарів. Показано, що зниження теплових втрат дозволить скоротити витрату теплоносія на 30 %. Отримані результати можуть бути покладені в розробку енергозберігаючих режимів роботи ділянки пекового господарства ПАТ «Укрграфіт».

Ключові слова: теплова ізоляція, теплові втрати, високотемпературний пек, вертикальний сталевий резервуар.

Назаренко Ірина Анатоліївна, асистент кафедри теплоенергетики, Запорізька державна інженерна академія, e-mail: iranazarenko_81@mail.ru.

Назаренко Ірина Анатоліївна, асистент кафедри теплоенергетики, Запорізька державна інженерна академія.

Nazarenko Irina, Zaporizhzhya State Engineering Academy, e-mail: iranazarenko_81@mail.ru