

Теплозащитные свойства теплоизоляционных материалов в условиях циклов намокание-сушка

А.Р. Хайруллин, А.И. Хайбуллина

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: Изоляционные материалы широко используются в нефтехимической, энергетической и других отраслях промышленности. Теплоизоляционные материалы играют важную роль в энергосбережении систем централизованного теплоснабжения и в строительном секторе. В данной работе экспериментальным методом определено влияние цикла смачивания и сушки на теплопроводность и плотность теплоизоляционных материалов. Теплопроводность изоляционных материалов определялась методом защищенной горячей пластины. Установлено, что после четырех циклов смачивания и сушки теплопроводность и плотность теплоизоляционных материалов повышается до 2 и 2,5 раз соответственно.

Ключевые слова: теплопроводность теплоизоляционных материалов, плотность теплоизоляционных материалов, увлажнение теплоизоляционных материалов.

Теплоизоляционные материалы играют важную роль в энергосбережении систем централизованного теплоснабжения, строительства, и в целом широко используются во многих отраслях промышленности, таких, как нефтехимия, энергетика, машиностроение и т.д. Для централизованного теплоснабжения в России требуется около 50 % всей энергии, поставляемой в здания [1], и около 44 % всех мощностей по производству тепла в мире [2], поэтому существует большой потенциал энергосбережения. Существует также большой потенциал для экономии энергии в централизованном теплоснабжении при распределении тепла в Европе [3]. Для снижения потерь тепла в тепловых сетях используются различные изоляционные материалы [4]. Эффективность изоляционных материалов зависит от условий окружающей среды. Проникновение влаги в теплоизоляционный материал приводит к увеличению теплопотерь [5]. Эффективность изоляционных материалов может изменяться в зависимости от влажно-сухих, влажно-тепловых, высоко-низкотемпературных условий окружающей среды [6]. Периодическое затопление изоляционных

материалов подземных трубопроводов также приводит к увеличению потерь тепла [7].

В работе [8] изучалось влияние влажности на теплопроводность при одном значении плотности изоляционных материалов. В данной статье представлены результаты влияния циклов намокания-сушки на характеристики теплоизоляционного материала.

Для экспериментальных исследований были подготовлены образцы минеральной ваты (МВ-1, МВ-2, МВ-3) трех разных производителей. Размеры образцов составляли 150x150x40 мм. Номинальная плотность образцов составляла ρ 80 кг/м³.

Влияние циклов намокания-сушки на свойства теплоизоляционного материала осуществлялось следующими этапами:

1. Образец изоляционного материала погружается в воду на 30 минут;
2. Образец вынимается из воды и помещается на сито на 10 минут;
3. Определяется изменение массы m_n/m образца (где m – масса до пункта 1, кг; m_n – масса на n цикле намокания-сушки после пункта 2, кг);
4. Образец сушится при температуре 120 °С в сушильной камере;
5. Определяется изменение плотности ρ_n/ρ образца (где ρ – плотность образца до проведения циклов намокания-сушки, кг/м³; ρ_n – плотность образца на n цикле намокания-сушки, кг/м³);
6. Определяется изменение теплопроводности λ_n/λ образца (где λ – теплопроводность образца до проведения циклов намокания-сушки, Вт/м °С; λ_n – теплопроводность образца на n цикле намокания-сушки, Вт/м °С);
7. Шаги 1-6 повторяются для следующего цикла.

Плотность образцов определялась по их массе и объему. Теплопроводность образцов определялась согласно ГОСТ 7076-99 в условиях одномерного теплого потока на приборе ИТС-1. Внешний вид прибора ИТС-1 показан в работе [9]. Прибор состоит из верхней нагреваемой пластины и

нижней охлаждаемой пластины. Изоляционный материал располагался между двумя пластинами. Температура верхней и нижней пластины соответствовали 35 и 15 °С. Относительная погрешность измерений теплопроводности составляла не более 10%

На рис. 1 показано влияние циклов намокания-сушки на теплопроводность испытанных образцов. Теплопроводность образцов, не подвергшихся затоплению, составила 36,5, 35,5 и 36,1 мВт/м °С для МВ-1, МВ-2 и МВ-3, соответственно.

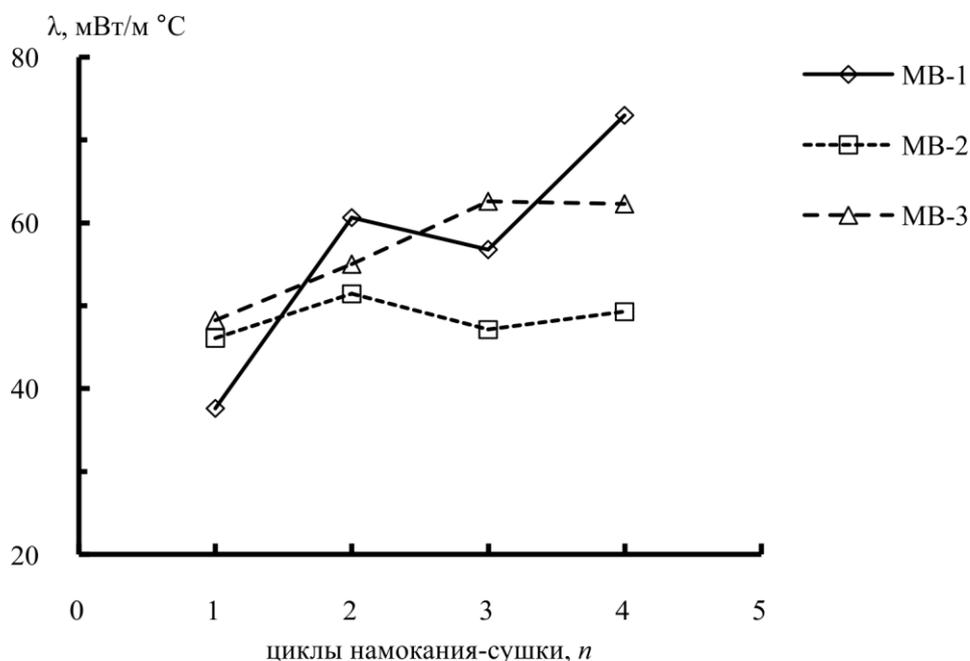


Рис. 1. – Изменение теплопроводности теплоизоляции при периодическом затоплении и высыхании.

По рис. 1 видно, что, с увеличением количества циклов намокания-сушки, происходит увеличение теплопроводности для всех испытанных образцов. Влияние периодического затопления на теплопроводность образцов различается в зависимости от производителя изоляции. Максимальное влияние увеличение циклов намокания-сушки оказывает на образец МВ-1, минимальное на образец МВ-2. Увеличение

теплопроводности образцов, после 4-го цикла, составила 2, 1,4 и 1,7 для МВ-1, МВ-2 и МВ-3, соответственно.

На рис. 2 показано влияние периодического затопления образцов на их плотность. Влияния циклов намокания-сушки на плотность образцов, также как и влияние на их теплопроводность, различается в зависимости от производителя минеральной ваты. Максимальное увеличение плотности наблюдается для образца МВ-2, минимальное для МВ-1. Увеличение плотности образцов, после 4-го цикла, составила 1,8, 2,5 и 2,3 раза для МВ-1, МВ-2 и МВ-3 соответственно.

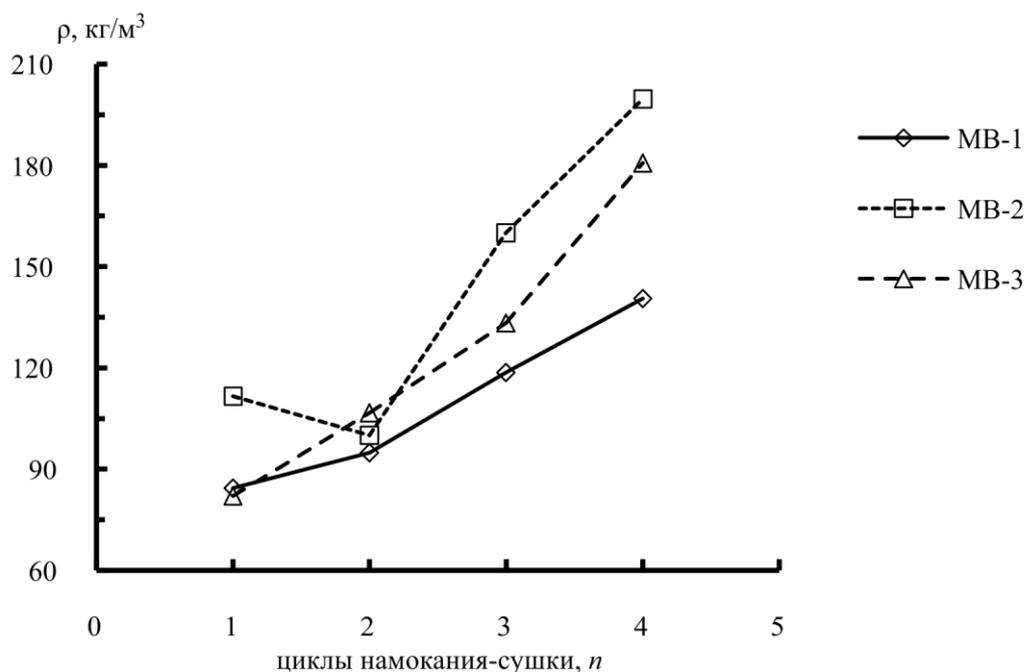


Рис. 2. – Изменение плотности теплоизоляции при периодическом затоплении и высыхании.

На рис. 3 показано изменение массы теплоизоляции после намокании в зависимости от цикла намокания-сушки. Увеличение массы образцов, в ходе 4-го цикла, составила 4,7, 3,7 и 4,7 раза для МВ-1, МВ-2 и МВ-3, соответственно.

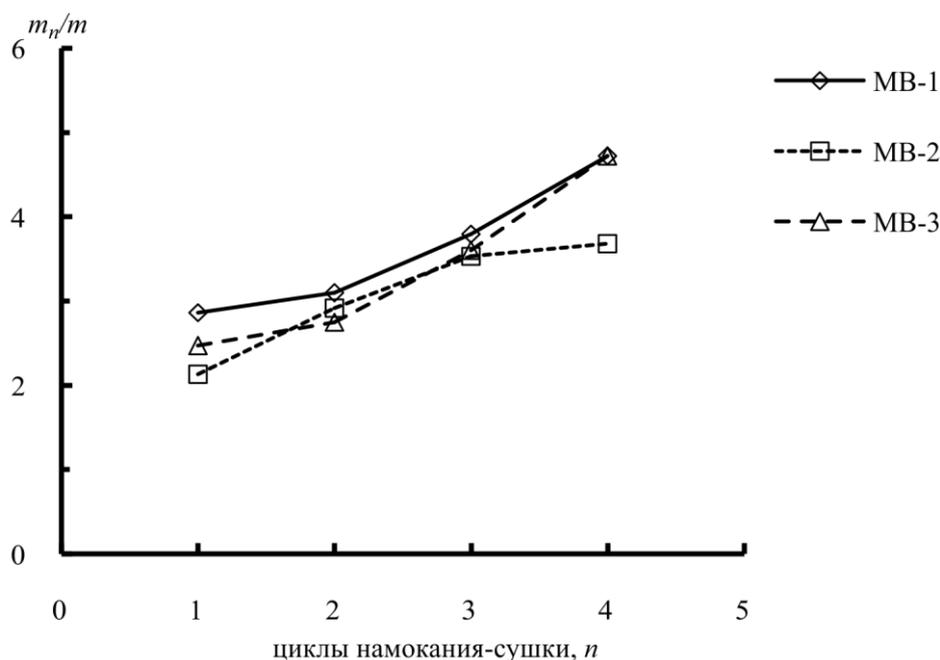


Рис. 3. – Изменение массы теплоизоляции при периодическом затоплении и высушении.

В процессе эксплуатации тепловых сетей подземной прокладки бывают случаи их затопления грунтовыми, ливневыми водами, а также при нарушении герметичности трубопроводов. Современные гидрофобизированные волокнистые теплоизоляционные материалы для тепловых сетей обладают свойством самовысыхания. В результате проведенных исследований показано, что теплозащитные свойства теплоизоляционных материалов могут существенно измениться в процессе их периодического затопления. Увеличение теплопроводности минеральной ваты, приведет к увеличению тепловых потерь трубопроводных конструкций. При этом, увеличение плотности минеральной ваты приведет к усадке материала, что еще больше уменьшит термическое сопротивление теплоизоляции.

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-10406, rscf.ru/project/21-79-10406/».

Литература

1. Romanov D., Pelda J., Holler S. Technical, economic and ecological effects of lowering temperatures in the Moscow district heating system // Energy. 2020. Vol. 211 URL: doi.org/10.1016/j.energy.2020.118680.
 2. Kovalev A., Proskuryakova L. Innovation in Russian District Heating: Opportunities, Barriers, Mechanisms // Foresight-Russia. 2014. Vol. 8. № 3. pp. 42–57.
 3. Dénarié A., Aprile M., Motta M. Heat transmission over long pipes: New model for fast and accurate district heating simulations // Energy. 2019. Vol. 166. pp. 267-276.
 4. Balzamova E.Y., Balzamov D.S., Bronskaya V.V., Minnegalievа Ch.B., Khairullina L.E., Khabibullina G.Z., Ignashina T.V., Kharitonova O.S. Analysis of the issue of the selection, operation and improvement of thermal insulation materials for pipelines of heating networks // J. Phys.: Conf. Ser. 2021. Vol. 2094. № 5. URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2094/5/052028/meta.
 5. Abdou A., Budaiwi I. The variation of thermal conductivity of fibrous insulation materials under different levels of moisture content // Construction and Building Materials. 2013. Vol. 43. pp. 533-544.
 6. Базукова Э.Р., Ваньков Ю.В. Тепловые потери паропроводов при ухудшении свойств изоляции в процессе эксплуатации Казанский государственный энергетический университет // Инженерный вестник Дона, 2015. № 3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3249.
 7. Немова Т.Н., Лежнева Ю.А., Цветков Н.А., Алексеева Е.Г. Влияние изменения теплопроводности теплоизоляционных материалов на тепловые потери магистральных трубопроводов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 5. С. 151-160.
-

8. Gusyachkin A.M. et al. Effects of moisture content on thermal conductivity of thermal insulation materials // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2019. Vol. 570. № 1 URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/570/1/012029.

9. Хайруллин А.Р., Синявин А.А., Хайбуллина А.И., Ильин В.К. Конструирование вспененных пористых теплоизоляционных материалов методом диаграммы вороного // Инженерный вестник Дона. 2022. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2022/7600.

References

1. Romanov D., Pelda J., Holler S. Energy. 2020. Vol. 211 URL: doi.org/10.1016/j.energy.2020.118680.

2. Kovalev A., Proskuryakova L. Foresight-Russia. 2014. Vol. 8. № 3. pp. 42–57.

3. Dénarié A., Aprile M., Motta M. Energy. 2019. Vol. 166. pp. 267-276.

4. Balzamova E.Y., Balzamov D.S., Bronskaya V.V., Minnegalieva Ch.B., Khairullina L.E., Khabibullina G.Z., Ignashina T.V., Kharitonova O.S. J. Phys.: Conf. Ser. 2021. Vol. 2094. № 5. URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2094/5/052028/meta.

5. Abdou A., Budaiwi I. Construction and Building Materials. 2013. Vol. 43. pp. 533-544.

6. Bazukova E.R., Van'kov YU.V Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3249.

7. Nemova T.N., Lezhneva Yu.A., Tsvetkov N.A., Alekseeva E.G Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2016. № 5. pp. 151-160.

8. Gusyachkin A.M. et al. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2019. Vol. 570. № 1. URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/570/1/012029.



9. Khairullin A.R., Sinyavin A.A., Khaibullina A.I., Ilyin V.K. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2022/7600.