

**Ф. Ш. ХАФИЗОВ**, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой “Пожарная и промышленная безопасность”, ФГБОУ ВПО “Уфимский государственный нефтяной технический университет” (Россия, Республика Башкортостан, 450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1)

**И. К. БАКИРОВ**, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры “Пожарная и промышленная безопасность”, ФГБОУ ВПО “Уфимский государственный нефтяной технический университет” (Россия, Республика Башкортостан, 450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; e-mail: bakirovirek@bk.ru)

**И. Р. СУЛЕЙМАНОВ**, заведующий сектором противопожарных мероприятий, ГАУ “Управление государственной экспертизы Республики Башкортостан” (Россия, Республика Башкортостан, 450077, г. Уфа, ул. Мустая Карима, 45)

УДК 614.841.41:699.86

## ВЛИЯНИЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ, НАНЕСЕННОЙ С ВНУТРЕННЕЙ СТОРОНЫ СТЕНКИ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА, НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ СТЕНКИ В УСЛОВИЯХ ГОРЕНИЯ

Рассмотрены проблемные вопросы применения горючих материалов для теплоизоляции резервуаров для нефти и нефтепродуктов. Приведены результаты опытов по исследованию горения теплоизолированной модели резервуара с нефтью. Выполнен анализ использования пенополиуретана в качестве эффективной теплоизоляции для вертикальных стальных резервуаров нефтепродуктов. Предложен метод применения теплоизоляции с внутренней стенки резервуаров нефтепродуктов.

**Ключевые слова:** резервуар; тепловая изоляция; пожарная безопасность; пирофорные отложения.

Тепловая изоляция по своему назначению выполняет важные функции сохранения заданных температур технологического процесса, необходимых для стабильной и безопасной работы производственных установок, от которых зависит работоспособность, экологичность и экономичность эксплуатации многочисленных промышленных и энергетических комплексов. На вертикальных стальных резервуарах (РВС) тепловая изоляция применяется для поддержания температуры нефтепродуктов в технологическом процессе, а также для предотвращения застывания тяжелых нефтепродуктов при их длительном хранении.

Действующими нормативными документами [1] применение таких теплоизоляционных материалов, как пенополиуретан, ограничено, что связано с их высокой пожарной опасностью. Для теплоизоляции РВС с нефтепродуктами допускается применение только негорючих материалов.

Основным нормативным документом, определяющим классификацию строительных материалов, в том числе по горючести, и условия их применения, является Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [2]. Определение групп

материалов по горючести производится по методике, изложенной в [3]. Суть метода заключается в выдерживании цилиндрического образца материала в печи при температуре  $(835 \pm 10)^\circ\text{C}$ . При этом фиксируется потеря массы образца, наличие или отсутствие теплового эффекта и пламенного горения. Условия эксплуатации материала не учитываются. Нередки случаи, когда из-за негерметичности соединений наружная негорючая теплоизоляция пропитывается нефтью или нефтепродуктом, и создаются условия, способствующие самовозгоранию и (или) распространению пламени по поверхности теплоизоляции. Таким образом, представляется необоснованным ограничение применения горючей теплоизоляции, в то время как негорючая изоляция используется без принятия мер по предотвращению эффекта ее “замазучивания”. Ни один из вышеуказанных нормативных документов не содержит требований по обеспечению таких мер. Предложено использовать теплоизоляцию из пенополиуретана, наносимого с внутренней стороны стенки резервуара.

Требования действующих норм [1], ограничивающих применение теплоизоляционных конструк-

ций только на основании их горючести и негорючести, не учитывают также условия их применения и эксплуатации. В то же время пожарная опасность теплоизоляционных материалов, как и всех строительных материалов, не обуславливается только показателем горючести. Тем не менее действующие своды правил, строительные нормы и правила, нормы пожарной безопасности и прочие аналогичные нормативные документы не содержат иных критериев или критических состояний, определяющих возможность применения теплоизоляционных материалов. При этом общий смысл требований Технического регламента [2] к применению строительных материалов на объектах без присутствия людей сводится к ограничению распространения пожара и снижению ущерба от него, что может быть обеспечено и при применении горючих теплоизоляционных материалов. В некоторых случаях при использовании горючих теплоизоляционных материалов возможно снижение пожарной опасности РВС даже в большей степени, чем в случае применения традиционной теплоизоляции негорючими материалами.

Для расширения спектра применяемых на РВС теплоизоляционных материалов и области их применения в работе [4] предложено использовать теплоизоляцию из пенополиуретана с внутренней стороны стенки резервуара. При этом проведен ряд опытов с целью исследования влияния теплоизоляции на температуру стенки резервуара при пожаре.

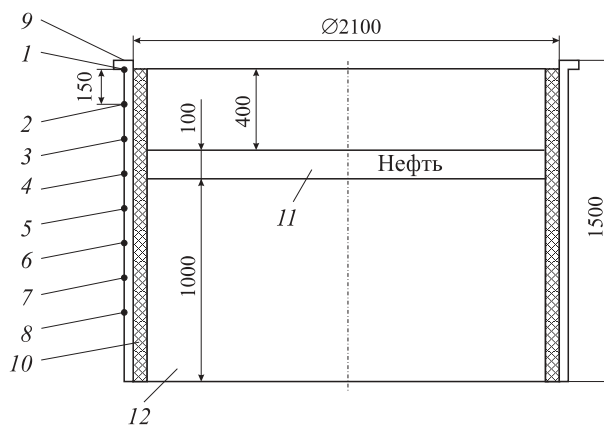
Испытания проводились на модели резервуара РВС-5000 в масштабе 1:10. Стенка модели с внутренней стороны была покрыта теплоизоляционным пенополиуретаном толщиной 30 мм.

Диаметр модели резервуара 2,10 м, высота 1,50 м, площадь зеркала нефти 3,46 м<sup>2</sup>. Горючее вещество — нефть. Замер температуры стенки модели в опытах производился в восьми точках, расположенных на одинаковом расстоянии по высоте.

Было проведено четыре опыта. В опытах № 1 и 2 исследовалось горение модели теплоизолированного резервуара с верхним и нижним уровнями разлива нефти соответственно, а в опытах № 3 и 4 — резервуара без теплоизоляции с нижним и верхним уровнями разлива нефти соответственно. Общая схема теплоизолированного резервуара с верхним уровнем приведена на рисунке.

В опыте № 1 на водяную подушку была залита нефть в количестве 0,35 м<sup>3</sup>. Начало опыта совпадало с моментом поджога нефти.

В процессе опыта проводился автоматический замер температур по высоте стенки модели резервуара. После 24 мин горения нефти в опыте № 1 прогрев стенки модели вышел на стационарный режим, и на 30-й минуте опыт был прекращен. Максималь-



Общий вид теплоизолированного резервуара с верхним уровнем разлива нефти: 1–8 — термопары; 9 — стенка резервуара; 10 — пенополиуретан; 11 — слой нефти; 12 — водяная подушка

ная температура в процессе опыта была достигнута на верхней кромке стенки модели и составила 610 °С.

Осмотр модели после опытов № 1 и 2 показал, что пенополиуретановая теплоизоляция выгорела до уровня разлива нефти.

Отдельные результаты для каждого опыта приведены в таблице, в частности максимальная температура  $T_{\text{макс}}$ , достигнутая на термопаре, и время  $t_{450}$  достижения температуры 450 °С на поверхности стенки резервуара.

На основе анализа результатов опыта можно выделить несколько положительных эффектов от применения предлагаемого способа теплоизоляции:

- уменьшается “малое дыхание” при эксплуатации РВС, что приводит к повышению экономической и экологической эффективности применения теплоизоляции;
- снижается пожарная опасность теплоизоляции РВС по сравнению с наружным методом теплоизоляции благодаря отсутствию горючих материалов на наружной стенке РВС и эффекта “замачивания” теплоизоляции и, как следствие, отсутствует распространение пламени по наружной поверхности стенки резервуара;

Сравнение температурных режимов в различных опытах

Номер термопары	Опыт № 1		Опыт № 2		Опыт № 3		Опыт № 4	
	$T_{\text{макс}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{450}, \text{ с}$	$T_{\text{макс}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{450}, \text{ с}$	$T_{\text{макс}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{450}, \text{ с}$	$T_{\text{макс}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_{450}, \text{ с}$
1	610	457	696	181	587	172	601	195
2	540	721	682	191	580	178	518	234
3	308	—	640	221	538	208	366	—
4	55	—	654	358	574	186	38	—
5	39	—	618	376	547	275	125	—
6	31	—	631	468	522	244	28	—
7	22	—	614	590	559	243	24	—
8	22	—	441	—	610	209	21	—

- снижается вероятность возникновения пожара от самовоспламенения пирофорных отложений на стенке резервуара за счет ликвидации их образования в связи с отсутствием контакта между нефтью и металлической стенкой резервуара; снижается коррозионный износ резервуара; повышается технологическая скорость откачивания нефти;
- увеличивается предел огнестойкости стенки РВС при пожаре, а также критическое время для ввода сил и средств на охлаждение резервуара;
- сохраняется возможность охлаждения резервуаров во время пожара стационарными установками и передвижной пожарной техникой, что вообще невозможно в случае применения традиционного способа теплоизоляции стенок резервуаров негорючими материалами снаружи;
- уменьшается скорость прогрева нефти (нефтепродукта) в соседнем (теплоизолированном) с горящим резервуаре;
- длительное время сохраняются рабочие параметры высоковязких продуктов при отрицательных температурах окружающей среды без применения систем подогрева и перемешивания, что способствует снижению пожарной опасности технологического процесса в целом.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 4.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям : приказ МЧС РФ от 25.03.2009 г. № 174; введ. 01.05.2009 г. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. — 80 с.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008 г.; одоб. Сов. Федерации 11.07.2008 г. // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
3. ГОСТ 30244–94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть. — Введ. 01.01.96 г. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 1996. — 19 с.
4. Сулейманов И. Р. Принципы противопожарного нормирования промышленной тепловой изоляции : дипломная работа. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2002.

*Материал поступил в редакцию 11 января 2013 г.*

English

## INFLUENCE THERMAL INSULATION OF POLYURETHANE FOAM, APPLIED WITH THE INSIDE WALL OF THE VERTICAL STEEL TANK, ON THE TEMPERATURES WALL IN BURNING

**KHAFIZOV F. Sh.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Fire and Industrial Safety Department, Ufa State Petroleum Technological University (Kosmonavtov St., 1, Ufa, 450062, Republic Bashkortostan, Russian Federation)

**BAKIROV I. K.**, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of Fire and Industrial Safety Department, Ufa State Petroleum Technological University (Kosmonavtov St., 1, Ufa, 450062, Republic Bashkortostan, Russian Federation; e-mail address: bakirovirek@bk.ru)

**SULEYMANOV I. R.**, Head of the Fire Prevention Department, Management of State Examination of Republic Bashkortostan (Mustaya Karima St., 45, Ufa, 450077, Republic Bashkortostan, Russian Federation)

### ABSTRACT

The article determines that the heat insulation of the tanks maintains specified temperature of petroleum products.

The effective normative documents limit the use of the polyurethane foam, which is caused by their high fire hazard. The regulatory document defining the terms of use of materials is “Technical regulations for fire safety requirements”. The essence of the method of defining the materials by their combustibility consists in holding of a cylindrical sample of the material in the furnace. The operating conditions of the material are not taken into account in this case. Quite often, through the leakage of connections the external non-combustible thermal insulation gets impregnated with oil or oil products, and this creates the conditions conducive to spontaneous ignition and (or) flame spreading on the insulation surface. Thus, the use limitation of the combustible heat insulation without taking measures to prevent the «oiling» effect of the non-combustible thermal insulation is inefficient.

In the article it is suggested the usage of the polyurethane foam on the inner surface of the tank wall for its thermal insulation. There were conducted a number of experiments with regard for the ope-

rating conditions of the tank. The results of the experiments made it possible to define the positive effects of the proposed method of the thermal insulation method, such as:

- 1) decrease of the inconsiderable reservoir breathing while the tank is in operation, which leads to the increase of economic and environmental efficiency of the thermal insulation;
- 2) reduction of the fire hazard of the insulation in comparison with the external method of heat insulation, which is caused by the lack of the combustible materials on the outer wall of the PBC and, as a result, by the lack of the “oiling” effect of the heat insulation;
- 3) reduction of the corrosive wear of the tank;
- 4) increase of the technological oil pumping speed;
- 5) increase of the fire resistance limit of the tank wall by the fire;
- 6) maintenance of the cooling possibility of the tanks during the fire by stationary plants and mobile fire equipment which is generally not possible on application of traditional methods of the heat insulation of the tank walls with the help of non-combustible materials from the outside.

**Keywords:** tank; heat insulation; fire safety; pyrophoric deposits.

## REFERENCES

1. *Set of Rules 4.13130.2009. Systems of fire protection. Restriction of fire spread at object of defence. Requirements to spacial layout and structural decisions.* Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009. 80 p. (in Russian).
2. *Technical Regulations on Fire Safety: Law of Russian Federation on 22.07.2008 No. 123.* Collection of Laws of the Russian Federation, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).
3. *State Standard 30244–94. Building materials. Methods for combustibility test.* Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov Publ., 1996. 19 p. (in Russian).
4. Suleymanov I. R. *Printsipy protivopozharnogo normirovaniya promyshlennoy teplovoiy izolyatsii: diplomnaya rabota* [The principles of fire regulation industrial thermal insulation. Diplom thesis]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2002.



# Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

**А. Я. Корольченко, Д. О. Загорский**  
**КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ И ЗДАНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ**  
**И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ. — М. : Пожнаука, 2010. — 118 с.**



В учебном пособии изложены принципы категорирования помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, содержащиеся в современных нормативных документах. На примерах конкретных помещений рассмотрено использование требований нормативных документов к установлению категорий. Показана возможность изменения категорий помещений путем изменения технологии или внедрения инженерных мероприятий по снижению уровня взрывопожароопасности и повышению надежности технологического оборудования и процессов.

Пособие рассчитано на студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям “Пожарная безопасность”, “Безопасность технологических процессов и производств”, “Безопасность жизнедеятельности в техносфере”, студентов строительных вузов и факультетов, обучающихся по специальности “Промышленное и гражданское строительство”, сотрудников научно-исследовательских, проектных организаций и нормативно-технических служб, ответственных за обеспечение пожарной безопасности.

121352, г. Москва, а/я 43; тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru