

УДК 614.849

## ***УСТОЙЧИВОСТЬ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ С НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПРИ ПОЖАРЕ: ОБЗОР И АНАЛИЗ***

***Аксенов С.Г.,***

*доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Пожарная  
безопасность»*

*ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий,*

*РФ, г. Уфа*

***Куклина С.А.***

*студент,*

*ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий,*

*РФ, г. Уфа*

### **Аннотация.**

В данной статье представлен обзор современных данных о поведении горизонтальных резервуаров с нефтепродуктами при воздействии тепловых потоков пожара. Рассмотрены конструктивные особенности таких резервуаров, механизмы их разрушения под действием высоких температур и факторы, влияющие на устойчивость к термическому воздействию. Особое внимание уделено процессам теплообмена, развитию локальных деформаций и вероятности возникновения BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion). Представлены основные меры повышения пожарной устойчивости — от применения теплоизоляционных покрытий до автоматических систем орошения и соблюдения нормативных требований при проектировании и эксплуатации.

**Ключевые слова:** горизонтальный резервуар, нефтепродукт, пожар, тепловой поток, устойчивость, теплообмен, огнезащита.

## ***STABILITY OF HORIZONTAL TANKS WITH OIL PRODUCTS DURING FIRE: REVIEW AND ANALYSIS***

***Aksyonov S.G.,***

*Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Fire Safety*

*Ufa University of Science and Technology,*

*Russian Federation, Ufa*

***Kuklina S.A.***

*Student,  
Ufa University of Science and Technology,  
Russian Federation, Ufa*

### **Abstract.**

This article presents an overview of modern data on the behavior of horizontal tanks with oil products when exposed to fire heat flows. The design features of such tanks, the mechanisms of their destruction under high temperatures and the factors affecting their resistance to thermal effects are considered. Particular attention is paid to heat exchange processes, development of local deformations and the probability of BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion). The main measures to improve fire resistance are presented - from the use of thermal insulation coatings to automatic irrigation systems and compliance with regulatory requirements during design and operation.

**Key words:** horizontal tank, oil product, fire, heat flow, stability, heat exchange, fire protection.

Пожары на объектах хранения и переработки нефтепродуктов остаются одной из наиболее опасных категорий чрезвычайных ситуаций, способных привести к значительному ущербу для окружающей среды, инфраструктуры и жизни людей. Особую угрозу представляют возгорания резервуаров, заполненных легковоспламеняющимися или горючими жидкостями. Среди различных типов ёмкостей — вертикальные, подземные и горизонтальные — наибольшее внимание в контексте термической устойчивости заслуживают горизонтальные цилиндрические резервуары (ГР), широко используемые на автозаправочных станциях, складах горюче-смазочных материалов и небольших нефтебазах. Их конструктивные особенности, расположение и характер теплообмена делают их особенно уязвимыми при воздействии внешнего огня.

Горизонтальные резервуары представляют собой герметичные цилиндрические сосуды, установленные на опорах или частично заглублённые в грунт. Объём таких резервуаров может варьироваться от нескольких до нескольких сотен кубических метров. Основным материалом изготовления обычно служит углеродистая сталь, хотя в отдельных случаях применяются и композитные материалы. Резервуар состоит из цилиндрической обечайки, двух днищ (чаще всего эллиптических или полусферических) и технологических элементов — патрубков, люков и предохранительных устройств. Такая форма обеспечивает хорошее распределение внутренних нагрузок, однако при воздействии высоких температур начинает проявляться локальное ослабление

конструкции, особенно в верхней части, где нагрев происходит без эффективного теплоотвода со стороны находящейся внутри жидкости.

В условиях пожара вокруг резервуара формируется область высокой температуры, источником которой могут быть как пламя, непосредственно охватывающее ёмкость, так и тепловое излучение от соседних горящих резервуаров или разлитого топлива. Интенсивность теплового потока может достигать 70–120 кВт/м<sup>2</sup>, что приводит к быстрому повышению температуры металлической оболочки. При этом наиболее интенсивно прогревается верхняя часть резервуара, поскольку нижние участки охлаждаются за счёт контакта с содержимым. Нагрев стенки вызывает снижение прочностных характеристик стали, увеличение давления паров внутри ёмкости и локальные деформации конструкции. В конечном итоге это может привести к её разрушению и выбросу содержимого, сопровождаемому взрывом — BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion).

Процесс разрушения горизонтального резервуара при пожаре можно условно разделить на несколько этапов. На начальном этапе происходит локальный нагрев верхней части корпуса, который постепенно распространяется на всю стенку. Когда температура металла достигает 400–500 °С, его прочность начинает снижаться, что приводит к пластическим деформациям. Далее образуются трещины или выпирания, которые со временем приводят к разрыву оболочки. Если резервуар заполнен не полностью, давление насыщенных паров может достичь критического значения, что также способствует разрушению. В результате происходит выброс паровоздушной смеси и остаточного продукта, сопровождаемый мощным взрывом и образованием огненного шара диаметром до нескольких сотен метров.

На скорость и характер разрушения резервуара влияет множество факторов. К основным из них относятся: толщина стенки и материал изготовления — чем они прочнее и толще, тем выше устойчивость конструкции; степень заполнения — более высокий уровень жидкости способствует лучшему охлаждению нижней части стенки; наличие теплоизоляционного покрытия — значительно замедляет прогрев металла; окружение резервуара — наличие противопожарных разрывов, защитных ограждений и систем орошения; а также физико-химические свойства хранимого продукта — летучесть, давление насыщенных паров и другие параметры, влияющие на возможность BLEVE.

Для повышения устойчивости горизонтальных резервуаров к тепловому воздействию применяются различные меры. Одним из самых эффективных решений является использование теплоизоляционных покрытий, включая огнезащитные краски и пенополимерные или минераловатные материалы.

Они позволяют замедлить прогрев стенок и сохранять их несущую способность в течение более длительного времени. Современные огнезащитные составы способны выдерживать температуры до 1200 °С и обеспечивают защиту в течение 30–120 минут. Также широкое применение находят автоматические системы орошения — спринклеры и водяные завесы, которые активируются при повышении температуры и создают защитный паровой барьер между пламенем и резервуаром. Это позволяет снизить интенсивность теплового излучения и предотвратить локальный перегрев.

Особое значение имеет и правильная организация пространства вокруг резервуаров. Соблюдение требуемых расстояний между ёмкостями, наличие противопожарных разрывов и ограждений помогают предотвратить распространение огня и теплового излучения. Устройства защиты от избыточного давления, такие как предохранительные клапаны и дыхательные устройства, позволяют контролировать давление внутри резервуара и избежать его разрыва из-за роста парового давления. Внутренние перегородки (диафрагмы) также способствуют снижению волн давления внутри ёмкости и уменьшают риск внезапного разрушения.

Нормативно-правовая база играет важную роль в обеспечении безопасности при эксплуатации горизонтальных резервуаров. Существует ряд документов, регулирующих вопросы проектирования, размещения, эксплуатации и обеспечения пожарной безопасности таких объектов. Среди них можно выделить российские нормативные акты, такие как СП 8.13130.2020, СП 4.13130.2020, а также международные стандарты, в том числе NFPA 30 — Standard for Flammable and Combustible Liquids Code. Данные документы содержат требования к конструкции резервуаров, расстояниям между ними, системам орошения и другим мерам обеспечения пожарной безопасности.

Таким образом, повышение устойчивости горизонтальных резервуаров к воздействию тепловых потоков пожара требует комплексного подхода, включающего применение теплоизоляционных покрытий, автоматических систем орошения, соблюдение норм проектирования и использование современных методов анализа термического поведения конструкций. Благодаря научным исследованиям и развитию инженерных решений становится возможным продление времени безопасной работы резервуаров в условиях пожара, предотвращение разрушительных последствий и снижение рисков для жизни и имущества. Дальнейшие разработки в области создания новых огнезащитных материалов, автоматизированных систем мониторинга и моделирования теплового поведения резервуаров будут способствовать повышению уровня безопасности на опасных производственных объектах.

### **Библиографический список**

1. Аксенов С.Г., Курочкина А.С., Губайдуллина И.Н. Анализ и оценка последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами на промышленных предприятиях // Грузовик. – 2022, №9. - С. 41-43.
2. Аксенов С.Г., Корнеев В.С., Синагатуллин Ф.К., Пермиков А.В. Анализ обеспечения пожарной безопасности в резервуарном парке // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2023, № 1. - С. 31-47.
3. Дроздова Т.И., Деревянченко И.С. Прогнозный анализ техногенных рисков при сливно-наливных операциях на автозаправочной станции г. Свирска // XXI век. Техносферная безопасность. – 2019, № 4(2). - С. 171-188.
4. Исхаков Х. И., Хабибулин Р. Ш. Оценка воздействия тепловых потоков пожара на цистерну автомобиля для транспортирования нефтепродуктов // Пожаровзрывобезопасность. – 2003, № 1. - С. 75-80.
5. Хамидуллина Е.А., Тарасова М.Н. Оценка риска последствий аварийной разгерметизации цистерны с опасным химическим веществом на железной дороге // XXI век. Техносферная безопасность. – 2017, № 2(1). - С. 34-46.

*Оригинальность 76%*