

УДК 658.26

ВНЕШНИЙ ПРОГРЕВ ЦИСТЕРН

Северянин В.С.

Брестский государственный технический университет, 2017

Реферат. Предлагается прогревать материалы внутри цистерн при помощи накладных съемных подогревателей. Источник теплоты – камеры пульсирующего горения. Метод позволяет обеспечить высокую оборачиваемость транспортных и складских средств. Рис. 1. Табл. 1. Библ. 2.

Ключевые слова: цистерна, прогрев.

External heating of cisterns

Severyanin V.S.

Brest technical university

Abstract. The plated removed heaters are proposed for external heating of cisterns. Pulsating combustion chambers are used in those constructions. This method provides high extent using of transport and storehouse means.

Keywords: cistern, heating.

Fig. 1. Tab. 1. Ref.: 2 titles.

Введение

В технологиях транспортировки, хранения и использования некоторых материалов и веществ имеются проблемы, связанные с физическим состоянием содержимого емкостей. Агрегатные характеристики (вязкость, плавление, замерзание) влияют на заполнение и особенно на опорожнение временных хранилищ. Безусловным примером является слив мазута (или аналогичного материала) из цистерн, прибывших зимой с нефтеперерабатывающих заводов к отдаленным потребителям. При железнодорожной или морской (судовой) транспортировке добытой в арктических районах нефти это актуально для России, Канады, США. Если исходная нефть, мазут и т.п. достаточно маловязкие, то длительное воздействие холодной среды требует дорогостоящей обработки для удаления затвердевшего продукта. Из имеющихся физических методов для решения задачи наиболее употребителен термический метод, который повышением температуры уменьшает вязкость или плавит доставленную массу. Другие методы (химический, электрический, вибрационный, акустический, лазерный и т.д.) сложны, экономически не оправданы.

Термический метод реализуется разными способами, зависимыми от эксплуатационных, финансовых, организационных обстоятельств. Наиболее простой, но и несовершенный – подача в цистерну водяного пара при помощи переносной трубы, опущенной в горловину. Требуется источник пара (котельная или передвижной парогенератор), содержимое обводняется. Очевидны большие энергозатраты. Поэтому создаются цистерны с внутренними трубчатыми теплообменниками, куда подается горячий теплоноситель (как в предыдущем случае). Недостатки – удорожание, металлоемкость повышена, загрязнения теплообменных труб, летом не нужны. Используются также встроенные устройства в виде жаровых труб внутри цистерн с горелками на газовом или жидком топливе.

При больших зимних поставках создаются так называемые «тепляки» - строения типа ангаров, интерьер

которых отапливается воздушной нагревательной системой. В этих зданиях цистерны нагреваются целиком. Тепловая эффективность «тепляков», естественно, не высока из-за больших теплотерь и ненужного нагрева многих холодных частей.

Поэтому необходима разработка такого теплового метода в данной проблеме, чтобы при незначительных конструкционных и текущих затратах удовлетворить потребность в экономическом высокопроизводительном средстве повышения оборачиваемости транспортных и складских элементов различных технологий.

Ниже представлено техническое описание **идеи** внешнего прогрева емкостей типа железнодорожных цистерн, являющееся **новым принципиальным предложением**.

Физические основы метода

Тепловые процессы при нагреве тел описываются количественно уравнениями теплообмена (1), теплопроводности (2), теплового баланса (3), тепловыделения (4) теплогенератора.

$$Q = F \cdot \lambda \cdot \text{grad}T \quad (1)$$

$$Q = \frac{1}{R} \cdot F \cdot \Delta T \quad (2)$$

$$Q = G \cdot c \cdot \delta T + G \cdot \rho \quad (3)$$

$$Q = BQ_H^P \cdot \eta \quad (4)$$

В (1)...(4): Q – тепловой поток (количество теплоты в единицу времени), Вт или ккал/час; R – термическое сопротивление тепловому потоку, (м² град)/Вт; при конвективном теплообмене R=1/α (α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·град), при сложном теплообмене R = 1/k, k – коэффициент теплопередачи:

$$k = 1 / \left[\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2} \right], \quad \alpha_1, \alpha_2$$

коэффициенты теплоотдачи на тепловоспринимающих и тепловыделяющих поверхностях, δ - толщина слоев термосопротивления, λ_c - коэффициент теплопроводности материала этих слоев, Вт/(м·К); F - поверхность теплообмена (сечение теплового потока), м²; ΔT - температурный напор - разность температур теплообменивающихся тел, град или К; λ - коэффициент теплопроводности обогреваемого материала, Вт/(м·К); $gradT$ - градиент температур в нем - разность температур в заданных точках массива, деленная на расстояние между ними, град/м; G - общая масса материала, кг; C - его удельная теплоемкость, КДж/(кг·град); δT - нагрев материала - разность между конечной и начальной температурами; ρ - удельная теплота плавления, КДж/кг; Q_H^P - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг; η - коэффициент полезного действия агрегата, учитывающий потери теплоты, %.

Вышеприведенные зависимости показывают, что для решения поставленной задачи необходимо следующее:

1. Для увеличения теплового потока, дающего главный результат теплотехнологии, требуется:

а) снижать термическое сопротивление, т.е. использовать конструкции с большой теплопроводностью, минимальной толщиной,

б) увеличивать поверхность контакта между теплогенератором и объектом воздействия,

в) в пределах допустимого уровня повышать температурный напор, соблюдая условия эксплуатации,

г) уменьшать внешние тепловые потери.

2. Так как обрабатываемые материалы, как правило, имеют малый коэффициент теплопроводности, что дает высокий градиент температур, то ближайшие к теплогенератору слои быстро перегреваются, а дальше - еще холодные. Отсутствует конвекция. Поэтому:

а) необходимо механическое воздействие (перемешивание),

б) удаление расплавленного материала непрерывно, доставляя холодные объемы к поверхности контакта с горячим источником,

в) целесообразно организовать специальные приемы теплообмена между перегретыми и холодными объемами.

3. Величина нагрева обусловлена температурой плавления (см. ниже табл. 1), которую можно повысить незначительно для уменьшения вязкости при работе механизмов удаления материала. Эту температуру можно принять за расчетную при конструировании теплообменника. Однако при горении температура факела порядка 1100-1700°С, поэтому требуются особые мероприятия для регулирования температур.

4. Огневой теплогенератор должен обеспечивать расчетное значение расхода топлива с минимальными топочными потерями, и главное - габариты и весовые показатели должны удовлетворять требованиям роста оборачиваемости транспортных и складских средств.

Для оценки требуемого температурного уровня в цистерне можно привести значения температуры плавления некоторых подлежащих рассмотрению веществ ($t_{пл}, ^\circ C$):

Таблица 1

Температуры плавления
Temperatures of melting

мазут флотский	-6	природные битумы	+47...87
мазут 40	+10	парафин	+40...65
мазут 100	+25	глицерин	-18
масло моторное	0	нафталин	+80
масло смазочное	-12...-20	антифризы	-35...-60
дизтопливо	-10...-40	керосин	-38

Таким образом, теплогенератор должен быть универсальным с точки зрения выдачи теплоты с необходимым температурным уровнем для каждого материала, при данных внешних условиях, чтобы его можно было использовать как можно в более широком эксплуатационном диапазоне.

Исходя из изложенного, в данной работе предлагается в качестве огневого теплогенератора использовать камеру пульсирующего горения - КППГ [1]. Это устройство позволяет сжигать в высокофорсированном режиме жидкое или газообразное топливо (соляр, керосин, разогретый мазут и т.п., любой горючий газ), без недожогов, без внешнего наддува, с возможностью многообразных компоновок. КППГ выдает чистые продукты сгорания (температура факела 1000-1500°С), которые разбавляются холодным воздухом до требуемой величины (100-500°С). Кроме того, КППГ допускает широкую регулировку по расходу топлива для изменения температуры факела. Топочный объем КППГ в десятки раз меньше объема обычных топок благодаря резкой

интенсификации горения и тепломассообмена.

Основное отличие предлагаемой технологии внешнего прогрева цистерн от известных - применение накладных съемных нагревателей. Прототипом этих устройств можно назвать так называемые судовые обшивочные теплообменные аппараты [2]. Это плоский теплообменник, прилегающий к бортовой обшивке корабля изнутри. В него подается подлежащая охлаждению теплая вода из энергоагрегата, которая отдает тепло внешней среде через стенку, обшивку корабля. Отмечается его высокая физическая и эксплуатационная эффективность.

В предлагаемой технологии такой теплообменник представляет собой коробчатую конструкцию, облегающую снаружи цистерну (или другой аналогичный объект), повторяющий обхватываемую цилиндрическую форму. Эти короба - съемные благодаря своей автономности и сменяемости, транспортабельности. Внутри коробов находятся теплогенераторы - КППГ. Такая комбинация

дает накладной нагреватель, внутри которого горячий газ, передающий теплоту через стенку обогреваемому объекту. Так как цистерна – металлическое сооружение, коэффициент теплопроводности стали высокий, то контактный нагрев от накладного нагревателя сопровождается быстрым прогревом содержимого цистерны через ее стенку.

Достоинство такого нагрева – прилегающие к стенке слои быстро нагреваются и, накапливаясь по высоте, опускаются вниз, чем подводят еще холодные участки массы к горячей поверхности.

Местные неплотности прилегания стенки нагревателя к цистерне компенсируются высокой теплопроводностью металла.

Конструкционное оформление метода

На прилагаемом чертеже (рис. 1) показана аксонометрическая схема компоновки накладных нагревателей на обслуживаемой цистерне.

На цистерне 1 сверху-сбоку располагаются накладные нагреватели 2. Они представляют собой изогнутые коробчатые конструкции, по форме соответствующие цилиндру цистерны. Нагреватели изготовлены из листового металла толщиной 2-4 мм, ширина (между наружной и внутренней изогнутой поверхностью) – 300 мм, длина (вдоль оси цистерны) – 2 м. Снаружи – теплоизоляция. Таких коробов может быть несколько, они соединяются отверстиями в боковых стенках (могут быть стяжки или фланцы). В нижней части монтируется КПП-3. Она состоит

из форсунки, пусковой электросвечи, камеры воспламенения, резонансной трубы, аэродинамического воздушного клапан (здесь – направлен вниз). Крепления и фиксация накладных нагревателей обусловлены конкретными заказчиками. Нагреватели устанавливаются при помощи своих подъемников простейшего типа, которые должны быть удобными и надежными.

Выхлоп из последнего накладного нагревателя гибким газоходом направляется в горловину цистерны (линия А) или на обогреватель сливного устройства цистерны. У последнего установлен циркуляционный насос 4, отсасывающий расплав из цистерны и подающий его в горловину (линия Б) или на горение в КПП. От аэродинамического клапана КПП отходит воздушная напорная труба (линия В) в полость накладного нагревателя.

С обратной стороны цистерны устанавливается аналогичная система. Слив из цистерны во время обогрева может быть закрыт или связан с другой емкостью. При конкретном проектировании учитываются по мере необходимости дополнительные конструктивные элементы (взрывные клапаны, соединительные газоходы, дренажи, продувки, шумоглушение, теплоизоляция, внутренние шиберы, дистанционирующие вставки и т. д.).

Особенности эксплуатации

К обслуживаемой цистерне комплекс накладных нагревателей доставляется грузовым автоприцепом или железнодорожной дрезиной. В состав комплекса

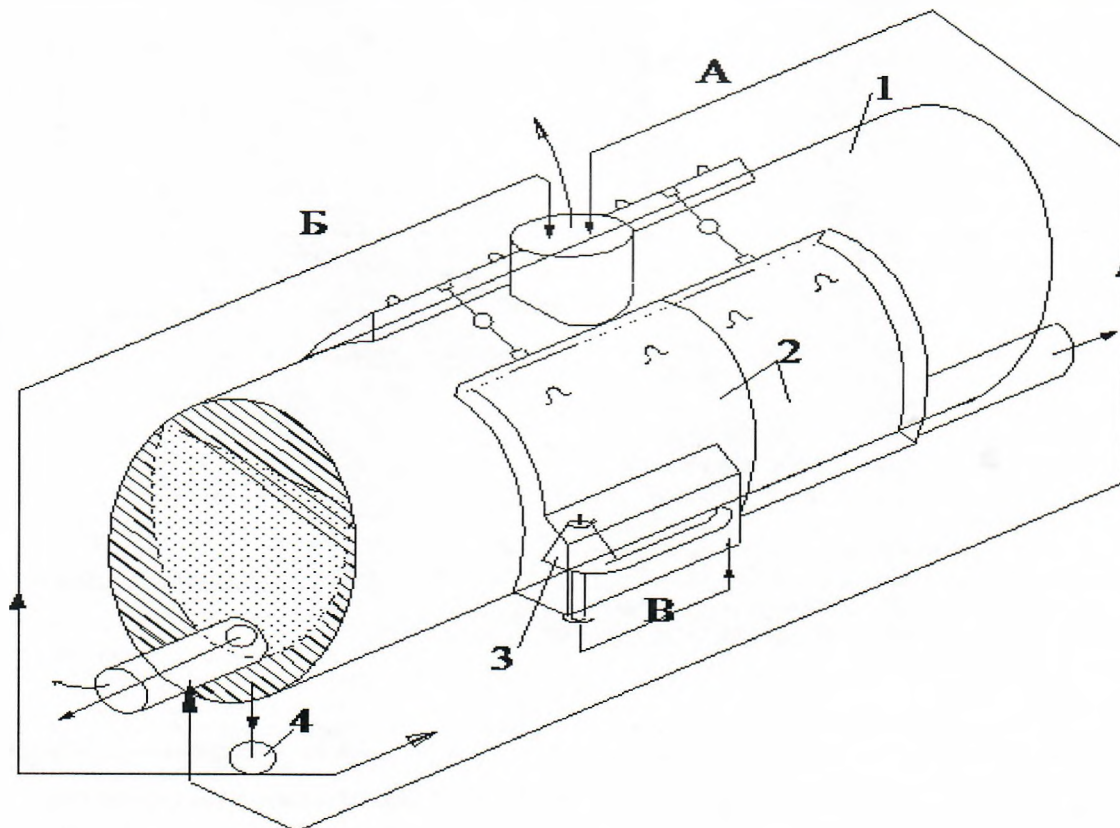


Рис. 1. Накладные нагреватели на цистерне
Fig. 1. Removed heaters on cistern

входят: несколько накладных нагревателей, топливная часть (топливные баки, насосы, портативный источник электроэнергии, различные коммуникации, пульт управления), монтажные стойки, подъемные механизмы. При монтаже и разборке необходима работа двух человек, обслуживание в действии – один человек.

После подготовки всей системы включается КПП (определенная последовательность подачи воздуха, включение зажигания и топливного насоса), устанавливается заданный тепловой режим. КПП выдает в полость накладного нагревателя поток горячего газа, температура которого из КПП регулируется подачей топлива в диапазоне 700-1000°C. Для поддержания температуры внутри накладного нагревателя на уровне 100...300°C подается в нижнюю часть внешний воздух при помощи напорной воздушной трубы, смонтированной напротив аэродинамического клапана. Все регулировки проводятся вручную или автоматически, на пульте управления.

На приведенном рисунке на левой торцевой стенке цистерны условно показан процесс плавления материала: у стенки – жидкость, вдали от нее еще высоковязкая масса. Циркуляция при помощи насоса способствует не только теплопереносу, но и перемешиванию частей материала с разными температурами. Большая поверхность прилегания нагревателей обеспечивает большую величину поверхности теплового контакта с металлом цистерны. Конвективные и принудительные потоки распределяют горячий газ внутри нагревателя, создавая необходимое температурное поле.

Для оценки расхода топлива и времени прогрева примем: количество мазута 60 т, масса металла – 10 т, нагрев от 0°C до 50°C, топливо – соляр $Q_n^p = 42000 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$, теплоемкость мазута – 1,2 кДж/(кг·К), металла – 0,43 кДж/(кг·К), КПД нагрева – 80%.

По уравнениям теплового баланса получаем общий расход топлива ~150 кг (бочка солянки). При работе двух КПП, потребляющих каждая 10 кг/час топлива, необходимо 7-8 часов времени на одну цистерну. Обычные системы прогрева в тех же условиях должны действовать сутками. Эти оценочные данные говорят о перспективности метода (кроме экономических и организационных достоинств).

Выводы

1. Предложен новый метод прогрева железнодорожных цистерн и аналогичных емкостей с целью организации опорожнения замерзшего содержимого.

2. Метод основан на применении накладных нагревателей, представляющих собой коробчатые конструкции по форме, сочлененной с обслуживаемым объектом. Нагреватели съемные, транспортабельные.

3. В качестве теплогенератора в нагревателях устанавливаются камеры пульсирующего горения, своими габаритами, весовыми показателями, высокой экономичностью и простотой обеспечивающие высокую оборачиваемость транспортных и складских средств.

Литература

1. В.А.Попов и др. Технологическое пульсационное горение. М., Энергоатомиздат, 1993, стр. 254-280.

2. П.И.Бажан и др. Справочник по теплообменным аппаратам. М., Машиностроение, 1989, стр. 80-81.

Международный научно-практический журнал «Изобретатель» № 9 (213) 2017

Учредители:

ОО «Белорусское
общество изобретателей
и рационализаторов»,
Учреждение «Редакция журнала
«Изобретатель»

Издатель:

Учреждение «Редакция журнала
«Изобретатель»

Главный редактор

Павел СТАСЕВИЧ

Распространение:

Республика Беларусь, Россия,
Украина, Казахстан, Германия,
Литва, Латвия, Болгария, Молдова.

Редакционная коллегия:

Владимир СКАКУН,
Михаил ПРОХОРЕНКО,
Владимир САМОЙЛОВ,
Олег ПОПОВ,
Андрей ЯНКОВИЧ

Материалы публикуются
на языке авторов.

За достоверность информации, опубликованной
в рекламных материалах, редакция
ответственности не несет. Полное или частичное
воспроизведение или размножение любым способом
оригинальных материалов, опубликованных в настоящем
издании, допускается только с письменного разрешения
редакции.

Мнения, высказанные в материалах журнала, не
обязательно совпадают с точкой зрения редакции.
В номере использованы статьи из интернет-источников,
газеты "Рэспубліка". Материалы, опубликованные
в журнале, редакция имеет право использовать в
Интернет-сети.

Рукописи не возвращаются.

Подписан в печать 20.09.2017 г.

Формат издания 60x84 1/8.

Тираж 400 экз.

Цена свободная.

Заказ № 12573.

Адрес для писем:

220012, г. Минск,

ул. К.Чорного, 4.

+375 (17) 292-43-85,

+375 (17) 203-85-40,

Тел./факс +375 (17) 292-52-92.

E-mail: izobretatel1@yandex.ru

Подписные индексы:

748962 (для ведомств и организаций),

74896 (для индивидуальных подписчиков).

Отпечатано в ЧПУП "Колорград"

ЛП № 02330/474 от 08.09.2015

220033, г. Минск, пер. Велосипедный, 5, офис 904

www.segment.bel

© «Изобретатель», 2017