

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Разработка жаротрубных подогревателей воды в промышленных
резервуарах**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 431 группы

направления 18.04.01 «Химическая технология»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Апаринной Надежды Сергеевны

Научный руководитель

Профессор, д.т.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Ю.Я. Печенегов

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2023

ВВЕДЕНИЕ

Вода играет очень важную роль в промышленных технологиях, в частности на нефтегазовых промыслах, а также на промыслах, расположенных в условиях вечной мерзлоты. Её используют для различных нужд:

- хозяйственно-питьевые (хозяйственные) системы водоснабжения, подающие воду для хозяйственных, санитарно-гигиенических и питьевых нужд;
- производственные (технические) системы водоснабжения для обеспечения технологических процессов производств, работы агрегатов и оборудования;
- противопожарные системы водоснабжения для обеспечения тушения возникающих пожаров.

В условиях вечной мерзлоты добывать воду весьма затруднительно. Воду либо привозят, либо перекачивают из источников, а потом хранят в резервуарах. Для предотвращения замерзания воды нужны подогреватели. Они должны соответствовать ряду требований, быть надёжными, удобными в использовании, экологически безопасны для окружающей среды и экономически выгодны.

Целью настоящей работы является разработка новых, более выгодных и эффективных конструкций водонагревателей, которые позволяют получить экономию при хранении воды в резервуарах.

1 Виды систем подогрева воды в резервуарах

В настоящее время существует множество способов нагрева воды в промышленных резервуарах. Известны системы электрического подогрева воды с размещением обогревающих кабелей снаружи на стенке резервуара (рисунок 1) или с размещением нагревательных элементов внутри резервуара непосредственно в жидкости (рисунок 2). Электронагрев больших количеств воды в резервуарах в условиях нефтяных и газовых промыслов часто связан с преодолением значительных технических и экономических трудностей.

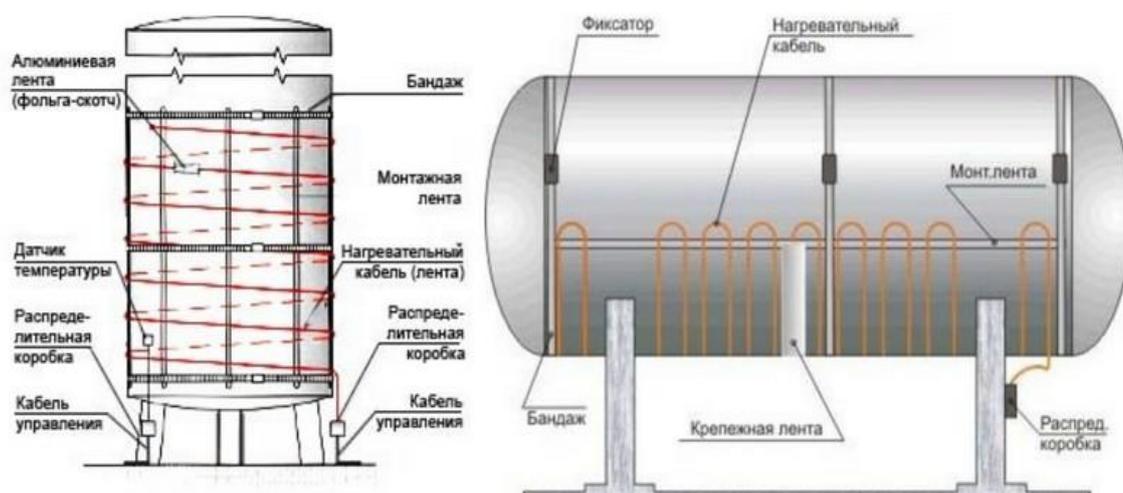


Рисунок 1 – Кабельная система электроподогрева на стенках резервуара.

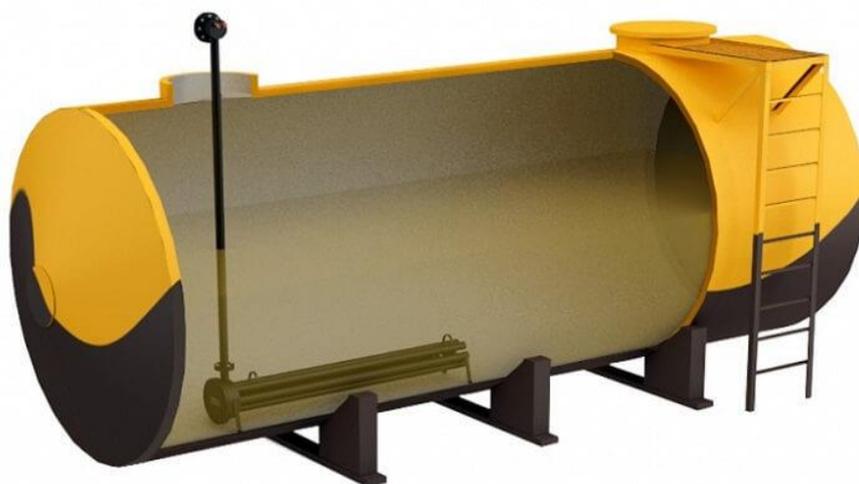
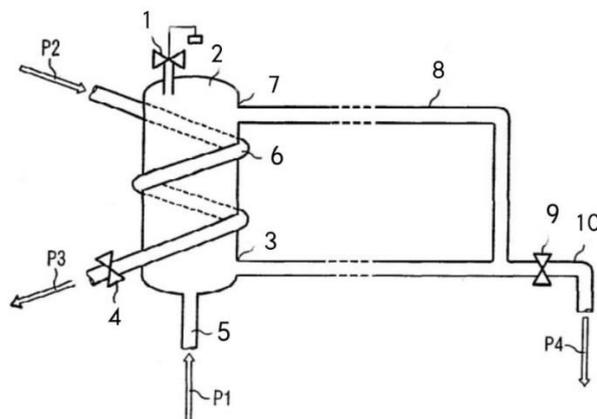


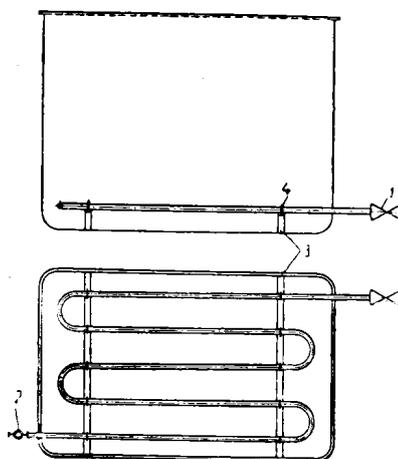
Рисунок 2 – Погружное устройство подогрева воды внутри резервуара.

Существуют устройства в виде змеевика, размещаемого снаружи (рисунок 3) или внутри (рисунок 4) резервуара.



1 – поплавковый клапан, 2 – резервуар, 3 – первое циркуляционное соединение, 4 – клапан-регулятор расхода, 5 – впускной патрубок, 6 – трубопровод, через который протекает охлаждающая или теплопередающая среда, 7 – второе циркуляционное соединение, 8 – циркуляционный трубопровод, 9 – дополнительный клапан-регулятор расхода, 10 – раздаточный трубопровод

Рисунок 3 – Устройство в виде змеевика, расположенное снаружи резервуара



1 - паровой вентиль, 2 – выход конденсата, 3 и 4 – детали крепления змеевика

Рисунок 4 – Устройство в виде змеевика, расположенное внутри резервуара

По змеевику циркулирует греющий теплоноситель - вода или водяной пар. Такие устройства могут работать только при наличии внешнего источника греющего теплоносителя - котельной установки, тепловой сети.

Следовательно, необходимо разработать наиболее выгодные и эффективные подогреватели.

2 Жаротрубные подогреватели воды

Жаротрубные подогреватели обладают следующими преимуществами:

- просты в конструкции;
- изготавливаются из недорогого металла;
- компактны;
- просты в обслуживании;
- имеют лёгкий тепловой расчет.

Устройство, состоит из горелочного блока, размещенной в резервуаре U-образной жаровой трубы, дымовой трубы, основание которой расположено в непосредственной близости к горелочному блоку снаружи резервуара.

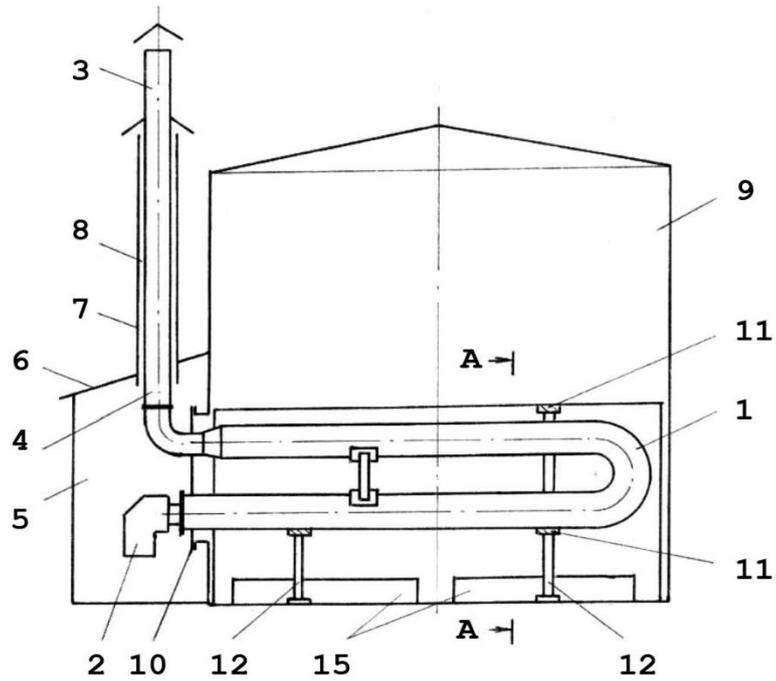
В качестве греющего теплоносителя используются высокотемпературные продукты сгорания газового или жидкого топлива, что значительно экономически выгоднее, чем применение электроэнергии для нагрева жидкости в резервуаре. Недостатком является низкое тепловое КПД из-за высокой температуры продуктов сгорания на выходе из дымовой трубы, а также непрогрев жидкости в слое между жаровой трубой и дном резервуара из-за отсутствия устойчивой циркуляции в этом слое.

Данный вид подогревателей относится к теплообменным устройствам для нагрева жидкостей и может быть использован в нефтегазовой и других отраслях промышленности для подогрева воды в резервуарах, например, с целью недопущения ее замерзания при отрицательных температурах атмосферного воздуха.

Повышение теплового КПД устройства и устранение непрогрева жидкости в придонном слое решается тем, что подогреватель жидкости, дополнительно оснащен примыкающим к резервуару укрытием, в котором находятся горелочный блок и основание дымовой трубы, через крышу укрытия

проходит труба, образующая с наружной поверхностью стенки дымовой трубы кольцевой канал, по сторонам жаровой трубы установлены вертикальные пластины с окнами в нижней части для прохода жидкости.

Наличие укрытия и трубы, проходящей через крышу укрытия и образующей со стенкой дымовой трубы кольцевой канал, обеспечивают при прохождении через этот канал атмосферного воздуха его подогрев за счет теплоты уходящих через дымовую трубу продуктов сгорания топлива. Поступивший в укрытие подогретый воздух направляется в горелочный блок для сжигания топлива. При этом снижается температура продуктов сгорания на выходе дымовой трубы, уменьшается расход потребляемого топлива, обеспечиваются необходимые температурные условия в укрытии для работы горелочного блока и средств управления и автоматизации. Все это приводит к повышению теплового КПД и надежности работы устройства. Наличие установленных по сторонам жаровой трубы вертикальных пластин с окнами в нижней части для прохода жидкости обеспечивает устойчивую циркуляцию жидкости по всему ее объему в резервуаре, в том числе и в придонном слое с пониженной температурой и повышенной плотностью. Это дополнительно повышает тепловую эффективность устройства и устраняет опасность льдообразования на дне резервуара. На рисунке 5 показан поперечный разрез резервуара с установленным в нем подогревателем жидкости; на рисунке 6 разрез А-А на рисунке 5.



1 – жаровая труба; 2 – горелочный блок; 3 – дымовая труба; 4 – основание; 5 – укрытие; 6 – крыша; 7 – труба; 8 – кольцевой канал; 9 - резервуар; 10 – фланцевый разъём; 11 – горизонтальные перемычки; 12 – вертикальные стойки-опоры; 13 – ограничители; 14 – вертикальные пластины; 15 – окна.

Рисунок 5 - Поперечный разрез резервуара с установленным в нем подогревателем жидкости

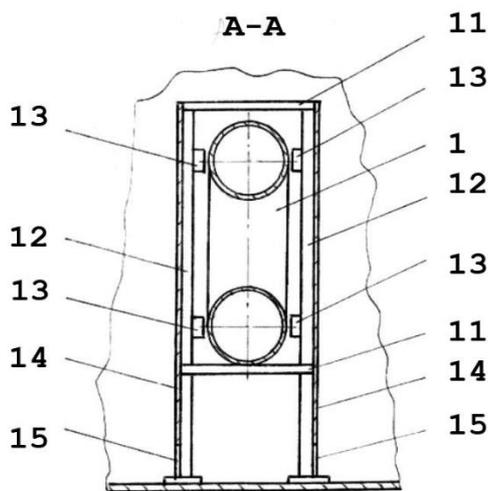


Рисунок 6 – Разрез А-А на рисунке 5.

Подогреватель жидкости состоит из U-образной жаровой трубы 1, на входе в которую установлен горелочный блок 2, а к выходу примыкает дымовая труба 3. Основание 4 дымовой трубы 3 и горелочный блок размещены в укрытии 5. Через крышу 6 укрытия 5 проходит труба 7. Между трубой 7 и дымовой трубой имеется кольцевой канал 8. Жаровая труба 1 находится в заполненной жидкостью полости резервуара 9, соединена с ним с помощью фланцевого разъема 10 и фиксируется в пространстве с использованием рамной конструкции, опирающейся на дно резервуара 9 и состоящей из горизонтальных перемычек 11 и вертикальных стоек-опор 12 с ограничителями 13. По сторонам жаровой трубы 1 установлены вертикальные пластины 14 с окнами 15 в нижней части для прохода жидкости.

Подогреватель жидкости работает следующим образом. При работе горелочного блока 2, включающего в себя горелку и вентилятор, осуществляется процесс сжигания топлива. Образующиеся высокотемпературные газообразные продукты сгорания поступают в жаровую трубу 1 и перемещаясь в направлении к дымовой трубе 3 отдают теплоту через стенку жаровой трубы 1 окружающей ее жидкости, которая заполняет полость резервуара 9. Горячая жидкость в пространстве между вертикальными пластинами 14 имеет пониженную плотность и под действием архимедовой силы поднимается вверх, уступая место поступающей через окна 15 холодной жидкости из придонного слоя с большей плотностью.

Таким образом, создается два замкнутых контура естественной циркуляции жидкости в полости резервуара с общим центральным восходящим потоком между пластинами 14. При этом температура жидкости по всему объему резервуара 9 выравнивается, исключается опасность переохладения и замерзания придонного слоя. Укрытие 5 выполняется газоплотным. Всасываемый вентилятором горелочного блока 2 атмосферный воздух проходит через кольцевой канал 8, где он подогревается. При этом обеспечиваются необходимые температурные условия для работы горелочного блока 2 и размещенных в укрытии 5 средств управления. Тепло на нагрев

атмосферного воздуха в кольцевом канале 8 поступает через стенку дымовой трубы 3 от уходящих продуктов сгорания.

Данный подогреватель жидкости имеет следующие преимущества:

- высокая температурная однородность объема нагреваемой жидкости;
- повышенная надежность работы горелочного блока и систем управления устройством, размещенных в укрытии и защищенных от атмосферных воздействий;
- повышенный тепловой КПД за счет рекуперации тепла уходящих продуктов сгорания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате теплового и аэродинамического расчётов были получены необходимые характеристики для существующих конструкций резервуаров. На основе данных видно, что конструкции имеют низкую эффективность. В таблице 1 приведены результаты выполненных расчётов.

Таблица 1 – Полученные характеристики выполненных расчётов

| №№ п/п | Наименование показателя | Размерность | тепловая мощность, кВт | | |
|-----------|---|-------------------|---------------------------|-------|-------|
| | | | 60 | 300 | 900 |
| 1 | Расход топлива, В | м ³ /ч | 6,834 | 34,2 | 102,6 |
| 2 | Диаметр, D _{вн} | мм | 80 | 160 | 315 |
| 3 | Высота дымовой трубы, h | м | 8 | 12 | 12 |
| 2 | Шаг размещения колец-турбулизаторов, t | мм | 49 | 105 | 157 |
| 3 | Общая длина теплопередающей части трубы, l | м | 6,23 | 12,37 | 21,40 |
| 4 | Вылет (габарит) U-образной теплопередающей трубы, l _{габ} | м | 3,12 | 6,17 | 10,68 |
| 5 | Скорость выхода дымовых газов из устья дымовой трубы, ω _о (при н.у.) | м/с | 4,23 | 5,29 | 4,08 |
| 6 | Противодавление в топке, ΔP _{над} | Па | 132,6 | 123 | 144,2 |

Продолжение таблицы 1

| | | | | | |
|---|---|----|-------|-------|------|
| 7 | Длина теплопередающей части гладкой трубы (без колец-турбулизаторов), $l_{\text{глад}}$ | м | 10,9 | 23,58 | 41,3 |
| 8 | Противодавление в топке при гладкой трубе (без турбулизаторов) | Па | 94,14 | 57 | - |

Низкая эффективность является причиной необходимости разработки новых решений. Новое, предложенное мною решение, состоит в использовании газового топлива в жаровых трубах размещаемых в объёме резервуаров.