



А.А. Сидоров

*Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

В.А. Тюменцев

*Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

А.М. Донцов

*Байкальский государственный университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

Анализ испарителей сжиженного углеводородного газа (СУГ) и выбор оптимального устройства для газгольдера в п. Большое Голоустное иркутской области с учетом климатических условий

Аннотация. Настоящее исследование посвящено решению актуальной задачи обеспечения надежного и эффективного газоснабжения частных домохозяйств в условиях экстремально низких температур, характерных для населенного пункта Большое Голоустное, Иркутской области. Акцент сделан на оптимизации выбора испарителей СУГ для газгольдеров, являющихся ключевым элементом автономных систем. В работе рассматриваются различные типы испарителей, включая электрические, жидкостные и атмосферные, с учетом их производительности, энергоэффективности и устойчивости к низким температурам. Ключевым аспектом исследования является детальный анализ метеорологических данных, позволяющий учитывать не только среднестатистические показатели, но и экстремальные температурные колебания, способные существенно влиять на процесс испарения СУГ. На основе полученных данных разработана методика подбора испарителей, учитывающая особенности климата Большого Голоустного и обеспечивающая стабильное газоснабжение даже в периоды максимальных морозов. Результаты исследования включают в себя конкретные рекомендации по выбору оптимального типа испарителя для различных объемов потребления СУГ, а также рекомендации по монтажу и эксплуатации, направленные на повышение надежности и безопасности газовых систем в условиях сурового климата. Предложенные решения позволяют минимизировать риски, связанные с замерзанием СУГ и снижением давления в системе, обеспечивая комфортное и бесперебойное газоснабжение для жителей Большого Голоустного.

Ключевые слова. Сжиженный углеводородный газ, испарители СУГ, электрический испаритель, газоиспользующее оборудование, энергоэффективность.

Информация о статье. Дата поступления: 10 февраля 2025 г.; дата принятия к публикации: 11 марта 2025 г.; дата онлайн-размещения: 15 апреля 2025 г.

Original article

A.A. Sidorov

*Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russian Federation*

V.A. Tyumentsev

*Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russian Federation*

A.M. Dontsov

*Baikal State University,
Irkutsk, Russian Federation*

Analysis of Liquefied Hydrocarbon Gas (LPG) Evaporators and Selection of Optimal Devices for Gas Holders in the Village of Bol'shoie Goloustnoye, Irkutsk Region, Considering Climatic Conditions

Abstract. This research addresses the critical challenge of ensuring reliable and efficient gas supply to private households in the extreme low-temperature conditions of Bolshoe Goloustnoe, Irkutsk Region. The focus is on optimizing the selection of LPG vaporizers for gas storage tanks (gas holders), which are a key component of autonomous systems. The study considers various types of vaporizers, including electric, liquid-heated, and atmospheric, taking into account their performance, energy efficiency, and cold-temperature resistance.

A key aspect of this research is the detailed analysis of meteorological data, considering not only average statistics but also extreme temperature fluctuations that can significantly impact the LPG vaporization process. Based on the data obtained, a methodology for vaporizer selection has been developed, which accounts for the specific climate of Bolshoe Goloustnoe and ensures a stable gas supply even during periods of maximum frost. The results of this research include specific recommendations for selecting the optimal vaporizer type for various LPG consumption volumes, as well as guidance on installation and operation aimed at enhancing the reliability and safety of gas systems in harsh climates. The proposed solutions minimize the risks associated with LPG freezing and pressure drops in the system, ensuring comfortable and uninterrupted gas supply for the residents of Bolshoe Goloustnoe.

Keywords. Liquefied hydrocarbon gas, LPG evaporators, electric evaporator, gas-using equipment, energy efficiency.

Article info. Received 10 February, 2025; Accepted 11 March, 2025; Available online 15 April, 2025.

Введение

При использовании сжиженного углеводородного газа (СУГ) для газгольдера в условиях климата п. Большое Голоустное, расположенного на западном побережье озера Байкал в Иркутской области, необходимо оптимизировать процесс испарения в цикле от хранилища газа, на базе газгольдера, до газовой котельной. Учитывая значительные колебания температур и их влияние на эффективность работы систем газоснабжения, требуется детальный анализ характеристик существующих технологий.

Цель исследования состоит в разработке обоснованных рекомендаций по выбору наиболее подходящего устройства для испарения СУГ, соответствующего климатическим условиям региона.

Задачи исследования включают:

1. Выбор наиболее актуальных типов испарителей СУГ из существующих. Сравнительный анализ их характеристики.

2. Исследование воздействия климатических условий, особенно температурных факторов, на работу испарителей.

3. Формулировка рекомендаций по оптимальному выбору испарителей для обеспечения надежности и безопасности газоснабжения.

4. Подбор испарителя СУГ для автономного газоснабжения в п. Большое Голоустное Иркутской области

Объектом исследования являются системы газоснабжения на основе СУГ, а предметом — испарители, используемые в газгольдерах.

Актуальность работы обусловлена растущими требованиями к надежности и безопасности газоснабжения в сложных климатических условиях.

Анализ существующих типов испарителей СУГ и их характеристик

Установки для испарения сжиженного углеводородного газа (СУГ) предназначены для преобразования его из жидкой в газообразную фазу, а также для управления давлением [1].

Основная задача испарителей — обеспечить стабильную и надежную подачу паровой фазы, вне зависимости от состава газа и температурных условий.

Системы испарения играют ключевую роль в обеспечении бесперебойности и эффективности процессов, связанных с использованием СУГ¹ [2]. Они должны быть спроектированы так, чтобы минимизировать риски, связанные с перегревом или недогревом, и поддерживать заданные параметры работы.

В табл. 1 представлена классификация испарителей-регазификаторов² [3], что помогает в понимании различных типов установок и их предназначения. Каждая категория отличается принципом работы и конструктивными особенностями, позволяющими адаптироваться к специфическим требованиям эксплуатации.

Современные технологии позволяют повысить эффективность испарительных установок, снижая затраты на энергию и улучшая

¹ ГОСТ Р 54982-2022 «Системы газораспределительные. Объекты сжиженных углеводородных газов».

² Проектирование, монтаж, сервисное обслуживание систем автономной газификации и автономного отопления и др. // Инжиниринговая компания «Газовоз». URL: <https://gazovoz.com/prom/isparitelnie-ustanovki?ysclid=m6j6kl8h4n666016392> (дата обращения: 30.01.2025).

Таблица 1

Классификация испарителей СУГ

Классификация	Тип	Отличительные особенности
По типу передачи тепла	«Сухие» испарители	В качестве теплопередающей среды используется алюминиевый сплав. Имеют относительно небольшие габариты и массу, относительно быстро выходят на рабочий режим, однако отличаются резкой потерей производительности и нестабильной работой в холодное время года. Из-за их малой тепловой инерционности возможен проскок жидкой фазы СУГ или срабатывание защиты при отборе газа оборудованием, работающим в импульсном режиме. Как правило, испарители с «сухого» типа неремонтопригодны (за исключением KAGLA EV-30DX)
	С теплопередачей через жидкость	В зависимости от региона использования установки в качестве теплопередающей среды применяется вода или водный раствор пропиленгликоля. (Температурный режим): В регионах с холодным климатом, где температуры могут опускаться ниже нуля, использование чистой воды может быть нецелесообразным, так как она замерзает. В таких случаях пропиленгликоль, который способен работать при более низких температурах без замерзания, является лучшим выбором.) Имеют большие габариты и массу и требуют периодической замены теплопередающей жидкости (1 раз в 2 года). Отличаются ремонтпригодностью и простотой обслуживания. Благодаря высокой тепловой инерционности могут использоваться с газоиспользующим оборудованием, работающим в импульсном режиме [3]
По типу нагрева	С электрическим нагревом	Использование электроподогрева нашло наибольшее применение при расходах СУГ до 500 кг/ч благодаря простоте подключения и эксплуатации. Как правило, напряжение электропитания испарительных установок производительностью до 50 кг/ч — 220 В, свыше 50 кг/ч — 380 В [3]
	С нагревом циркулирующим теплоносителем	Нагрев теплоносителем, циркулирующим в системе отопления или отдельном контуре, экономически оправдан при расходах свыше 500 кг/ч или при малой выделенной электрической мощности [3]
	С нагревом водяным паром	Может применяться в испарительных установках производительностью от 1000 кг/ч на предприятиях, где в технологических процессах используется и имеется в достаточном количестве водяной пар [3]

Классификация	Тип	Отличительные особенности
	С комбинированным нагревом	Комбинированный нагрев подразумевает возможность использования электричества и/или циркулирующего теплоносителя, однако в виду большой стоимости испарительные установки с таким типом подогрева не получили распространения [3]
	С непосредственным нагревом	Испарители СУГ с непосредственным нагревом теплоносителя сгорающим газом — автономные испарители, имеющие встроенную горелку и использующие для нагрева газ из резервуара. Отличаются повышенной опасностью при эксплуатации и нестабильной работой [3]
По типу защиты от перегрузки	С температурным датчиком и соленоидным клапаном	При возрастании расхода газа сверх номинального или неисправности в системе нагрева температура теплоносителя падает. Достижение порогового значения температуры регистрируется температурным датчиком. Система защиты вызывает срабатывание соленоидального клапана, расположенного на входе испарителя, и перекрывает подачу жидкой фазы СУГ. Однако понижение температуры — это косвенный признак появления жидкости в выходном тракте испарителя, и срабатывание соленоидального клапана может наступить позже, чем это необходимо. Кроме того, соленоидальные клапаны запираются негерметично (имеют перепускное отверстие) и через 5–6 лет работы теряют свою работоспособность из-за оседания тяжелых фракций на исполнительном механизме [3]
	С пропорциональным термостатическим клапаном	При понижении температуры теплоносителя клапан перекрывает проходное сечение газового тракта на входе, тем самым ограничивая поступление жидкой фазы в испаритель. При снижении температуры до определенного значения, клапан перекрывает входной газопровод полностью [3]
	С поплавковым клапаном	Наиболее надежное защитное устройство. При появлении жидкой фазы СУГ в газовой камере, поплавков, находящийся внутри нее, всплывает и перекрывает выходной тракт [3]
	С поплавковым клапаном и фиксирующим магнитом	В современных испарительных установках с поплавковым клапаном его исполнительный механизм дополнительно фиксируется с помощью мощного магнита, что обеспечивает повышенный уровень безопасности системы автономного газоснабжения [3]

Окончание табл. 1

Классификация	Тип	Отличительные особенности
По типу управления	Без панели управления	Пуск и остановка испарительной установки производится путем включения или отключения электричества рубильником [3]
	С электрической панелью управления без индикации ошибок	Приобретается в качестве опции к испарительным установкам без панели управления в стандартной комплектации. Имеет высокую стоимость и малую функциональность [3]
	С цифровой панелью управления и индикацией ошибок	Цифровая панель позволяет дистанционно управлять работой испарительной установки, получать полную информацию о текущем режиме работы, неполадках и необходимости обслуживания
По исполнению	Без шкафа	В регионах с теплым климатом испарительная установка может размещаться под навесом, защищающим оборудование от осадков [3]
	В шкафном исполнении без теплоизоляции	Стальной вентилируемый шкаф необходим для защиты испарителя и газового оборудования от атмосферных воздействий, а также создания микроклимата внутри установки. Отсутствие теплоизоляции обуславливает большие потери тепла, повышенное потребление тепловой или электрической энергии и частые остановки испарительной установки в холодное время года [3]
	В окрашенном полимерной краской шкафу со съемными стенками и теплоизоляцией	Съемные стенки шкафа позволяют облегчить процесс обслуживания испарительной установки, а теплоизоляционное покрытие обеспечивает стабильную работу испарителя СУГ и экономии тепловой или электрической энергии [3]

уровень охраны окружающей среды. Интеграция новых решений в области автоматизации также способствует повышению контроля за процессами, делая их более предсказуемыми и надежными.

Исследование климатических условий п. Большое Голоустное для определения влияния температурных факторов на работу испарителей

Исследование климатических условий п. Большое Голоустное, расположенного на берегу Байкала, предоставляет ценную информацию о влиянии температурных факторов на функционирование испарителей. Умеренно-континентальный климат региона характеризуется выраженными сезонными колебаниями, что делает анализ особенно актуальным для оценки эффективности систем охлаждения и конденсации.

В табл. 2 представлены среднемесячные и годовые температуры воздуха в Большом Голоульном за последние 20 лет по данным наблюдений опорных метеостанций³.

Таблица 2

**Средние месячные и годовые температуры воздуха
в Большом Голоульном**

год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	за год
2000	-21.2	-15.0	-4.3	1.7	9.4	15.1	16.2	15.8	10.4	-0.7	-11.4	-15.7	0.0
2001	-24.2	-17.5	-8.6	1.3	7.7	13.9	16.2	16.0	10.4	1.6	-4.1	-14.8	-0.2
2002	-10.3	-9.6	-3.7	0.4	9.4	14.1	18.3	17.2	9.9	-0.1	-8.4	-17.2	1.7
2003	-15.0	-11.7	-7.0	2.1	7.6	13.4	16.4	13.9	9.0	1.9	-8.6	-12.5	0.8
2004	-14.6	-10.6	-9.1	1.0	7.6	13.9	15.5	14.1	9.2	3.4	-4.8	-12.7	1.1
2005	-16.4	-20.6	-6.7	1.1	7.3	13.6	17.9	16.2	9.6	4.8	-5.0	-15.4	0.5
2006	-18.4	-17.0	-6.2	-1.7	6.6	12.3	14.9	13.9	9.4	1.4	-5.4	-11.4	-0.1
2007	-13.1	-11.1	-8.7	3.7	9.6	12.8	17.7	16.3	11.4	1.3	-5.3	-11.2	2.0
2008	-18.3	-14.4	-4.3	0.8	7.4	12.8	16.3	14.0	9.8	2.3	-4.4	-14.0	0.7
2009	-15.1	-16.3	-8.0	3.2	8.4	12.0	16.3	15.5	8.0	1.4	-9.0	-17.4	-0.1
2010	-20.1	-19.1	-10.6	-2.4	7.1	12.8	16.5	14.1	9.2	2.7	-5.6	-16.8	-1.0
2011	-20.8	-14.1	-5.8	3.4	7.2	14.2	15.1	15.1	8.2	4.3	-7.8	-12.6	0.5
2012	-17.8	-15.4	-8.0	2.4	8.0	13.3	15.6	14.3	10.9	0.9	-8.6	-19.8	-0.4
2013	-18.9	-17.3	-9.2	0.2	7.2	12.5	15.3	16.3	8.4	1.4	-2.5	-9.4	0.3
2014	-13.0	-15.8	-4.8	3.6	6.7	12.8	17.4	15.3	8.2	1.5	-7.0	-11.2	1.1
2015	-10.9	-12.1	-5.3	2.9	8.6	13.7	18.5	18.4	10.2	3.2	-9.1	-9.1	2.4
2016	-18.2	-11.0	-3.2	2.0	7.8	14.4	18.6	16.2	11.1	-2.1	-9.1	-11.6	1.2
2017	-15.7	-11.7	-5.0	4.2	8.2	14.5	17.7	15.5	9.2	1.9	-8.3	-10.1	1.7
2018	-18.2	-15.0	-6.7	1.9	8.2	15.0	15.8	16.8	9.6	4.5	-7.9	-16.9	0.6
2019	-14.2	-16.8	-2.9	2.0	7.8	13.1	18.8	16.0	11.1	2.3	-9.2	-11.8	1.4
2020	-14.9	-14.2	-3.4	3.8	9.5	13.7	18.7	16.6	10.5	1.3	-4.8	-14.9	1.8
2021	-17.2	-15.4	-5.6	1.5	7.0	12.7	15.1	16.0	8.7	2.6	-4.3	-12.1	0.8
2022	-13.9	-15.0	-7.0	2.8	10.0	13.6	16.1	14.0	9.5	1.6	-7.4	-14.1	0.9
2023	-18.3	-12.7	-4.6	-1.7	6.7	13.2	17.0	17.3	11.7	4.9	-7.7	-15.8	0.8
2024	-15.8	-17.5	-6.0	2.5	8.9	12.4	19.1	18.2	9.2	2.5	999.9	999.9	999.9

Зимние месяцы (декабрь-февраль) отмечаются значительными холодами, средняя температура за период с 2014 по 2023 г. составила $-14,06^{\circ}\text{C}$. В январе возможны сильные морозы, что создает дополнительные сложности для работы испарителей, требующих учета температурных колебаний и возможного образования льда.

В противовес зимним условиям летний период (июнь-август) приносит более комфортные температуры, с максимальными значениями до $+30^{\circ}\text{C}$ в июле, что позволяет работать с испарителями с высокой эффективностью.

³ Справочно-информационный портал «Погода и климат». URL: www.pogodai-klimat.ru/history/30727.htm?ysclid=m6ja6p1c9m872440360 (дата обращения: 30.01.2025).; СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология».

Суммируя климатические данные, стоит отметить влияние Байкала на формирование микроклимата. Благоприятные условия в районах, близких к озеру, способствуют повышению влажности и снижению температурных колебаний, что важно для работы систем, зависящих от стабильных климатических условий [4; 5]. Снежный покров в зимний период создаёт специфику для логистики и эксплуатации оборудования, а ветер, преобладающий в данной местности, влияет на эффективность испарения.

Ниже приведены графики средней температуры воздуха для зимних и летних месяцев (рис. 1), (рис. 2).

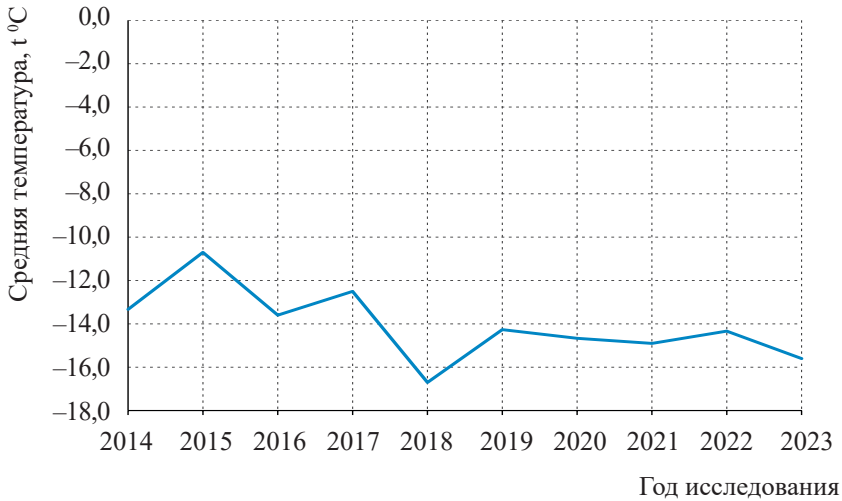


Рис. 1. Динамика средней температуры воздуха зимних месяцев

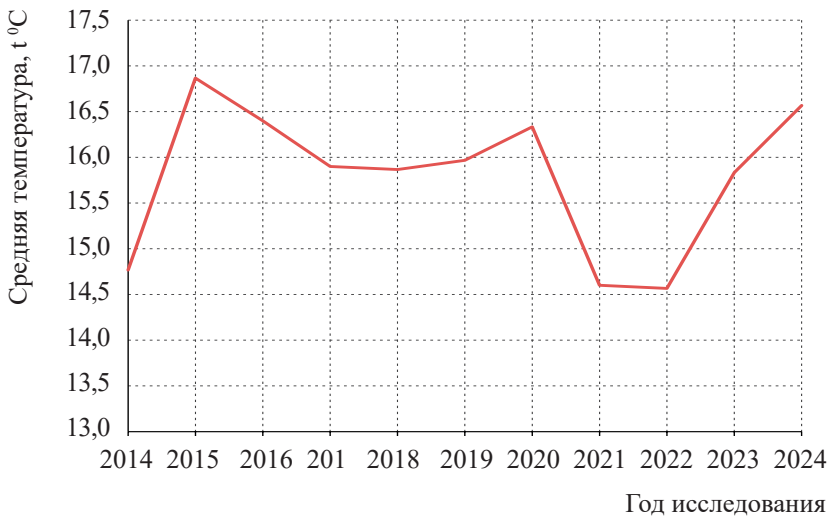


Рис. 2. Динамика средней температура воздуха летних месяцев

Формулировка рекомендаций по оптимальному выбору испарителей для обеспечения надежности и безопасности газоснабжения.

При выборе испарителей для газоснабжения необходимо учитывать ряд факторов, которые обеспечивают как надежность, так и безопасность работы системы.

Первым шагом является анализ условий эксплуатации, включая температуру окружающей среды, давление и требуемую производительность. Это позволит определить оптимальный тип испарителя, будь то обогреваемый, атмосферный или с принудительной циркуляцией.

Вторым важным моментом является качество материалов, из которых изготовлены испарители. Специализированные сплавы и полимеры, устойчивые к воздействию газов и перепадам температур, значительно увеличивают срок службы оборудования. Рекомендуется выбирать испарители, сертифицированные по международным стандартам, что подтверждает их безопасность и надежность в эксплуатации.

Также стоит обратить внимание на систему автоматизации и контроля. Современные испарители зачастую оборудованы датчиками, которые позволяют в реальном времени отслеживать параметры работы. Это существенно снижает риски аварийных ситуаций и позволяет оперативно реагировать на отклонения от нормы.

Наконец, регулярное техническое обслуживание и контроль за состоянием испарителей — залог их надежного функционирования. Разработка и внедрение планов профилактики позволят существенно сократить вероятность поломок и обеспечить безопасность газоснабжения на всех этапах.

Подбор испарителя СУГ для автономного газоснабжения в п. Большое Голоустное Иркутской области

В п. Большое Голоустное Иркутской области, будет проектироваться газовая котельная на 560 кВт с автономным источником газоснабжения. Объем резервуара составит 24 м³ с запасом топлива на 11 суток. Состав СУГ: 60 % пропан (C₃H₈), 40% бутан (C₄H₁₀).

Принимая во внимание КПД газовых котлов, равный примерно 96 %, для компенсации потерь потребуется дополнительное потребление газа в размере 4 % составляет 52,73 кг/ч.

В условиях аномально низких температур рекомендуется иметь резерв производительности в диапазоне от 10 до 20 %:

$$\begin{aligned}4 \% * 52,73 &= 2,1 \text{ кг/ч,} \\10 \% * 52,73 &= 5,27 \text{ кг/ч.}\end{aligned}$$

Суммарный резерв производительности составит: $2,1 + 5,27 = 7,37$ кг/ч. Таким образом, общий требуемый расход газа составит: $52,73 + 7,37 = 60,1$ кг/ч.

Для обеспечения надежного газоснабжения частных домов, гостиниц и коттеджей предлагается электрический испаритель СИНТЭК-Э-60 [10]. Этот аппарат предназначен для надежной работы в системах основного, резервного и автономного газоснабжения.

Основная функция испарителя заключается в равномерном преобразовании пропан-бутановой смеси из жидкой фазы в газообразную, что критически важно для эффективного функционирования газоиспользующего оборудования малых мощностей.

Производительность СИНТЭК-Э-60 составляет 60 кг/ч. Это позволяет обеспечить необходимый объем паров для стабильной работы газовых приборов, что является идеальным решением для применения в условиях, где важны как эффективность, так и безопасность.

Еще одной ключевой особенностью СИНТЭК-Э-60 является высокая степень взрывозащиты, соответствующая стандарту ExIIGBIIBT2, что подтверждается сертификатом соответствия требованиям Технического регламента Таможенного союза⁴.

Взаимодействие с потенциально взрывоопасными газовыми средами требует особого внимания к мерам безопасности, и данное устройство эффективно минимизирует риск воспламенения и других возможных угроз.

Таблица 3

Технические характеристики СИНТЭК-Э-60

№	Параметры	Значение
1	производительность, кг/ч	60
2	тип нагрева	электрический сухого типа
3	давление СУГ на входе, МПа	до 1,6
4	давление паровой фазы на выходе, МПа	до 1,6
5	электрическое напряжение, В	220
6	мощность, кВт	не более 5
7	габаритные размеры, мм (ДхШхВ)	510x234x492
8	масса, кг	54

Устройство и принцип работы электрического испарителя СИНТЭК-Э-60

Преобразование жидкой фазы пропан-бутановой смеси в паровую осуществляется за счет электрических нагревательных элементов ТЭНов. Принцип работы испарителя СИНТЭК-Э-60 можно условно разделить на несколько этапов:

⁴ Обеспечение нужд промышленных предприятий и частных лиц во внедрении современного оборудования для эксплуатации сжиженных углеводородных газов и др. // ООО ТД «СИНТЭК» [Электронный ресурс]. URL: https://zavod-gs.ru/catalogue/elektricheskie_ispariteli_sintek_e/sintek-e-60.html (дата обращения: 30.01.2025).

– подача в блок ТЭН СИНТЭК жидкой фазы СУГ через электромагнитный клапан, который предназначен для регулирования потока среды;

– постепенный нагрев блока ТЭН СИНТЭК до указанной температуры;

– получение паровой фазы пропан-бутановой смеси;

– подача паровой фазы на выход из испарителя через патрубок, на котором установлен манометр и предохранительный клапан. Предохранительный клапан обеспечивает сброс давления до заданных параметров при необходимости.

Контроль за подачей паровой фазы может осуществляться без постоянного присутствия оператора за счет установленной системы автоматики и управления⁵.

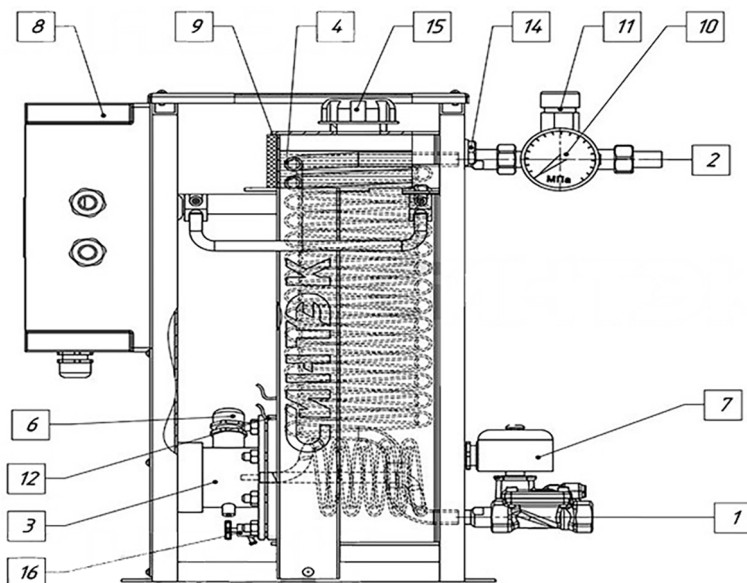


Рис. 3. Устройство испарителя СИНТЭК-Э-60

(1 — патрубок входа жидкой фазы СУГ, 2 — патрубок выхода паровой фазы СУГ, 3 — блок ТЭН взрывозащищенный, 4 — теплоноситель, 5 — змеевик теплообменника, 6 — кабельный ввод, 7 — электромагнитный клапан взрывозащищенный, 8 — клеммная коробка системы автоматики, 9 — теплоизоляция корпуса испарителя, 10 — манометр, 11 — предохранительный сбросный клапан, 12 — датчик температуры, 13 — корпус, 14 — глазок контроля уровня теплоносителя, 15 — крышка газовыпускная, 16 — кран слива теплоносителя)

⁵ Обеспечение нужд промышленных предприятий и частных лиц во внедрении современного оборудования для эксплуатации сжиженных углеводородных газов и др. // ООО ТД «СИНТЭК» [Электронный ресурс]. URL: https://zavod-gs.ru/catalogue/elektricheskie_ispariteli_sintek_e/sintek-e-60.html (дата обращения: 30.01.2025).

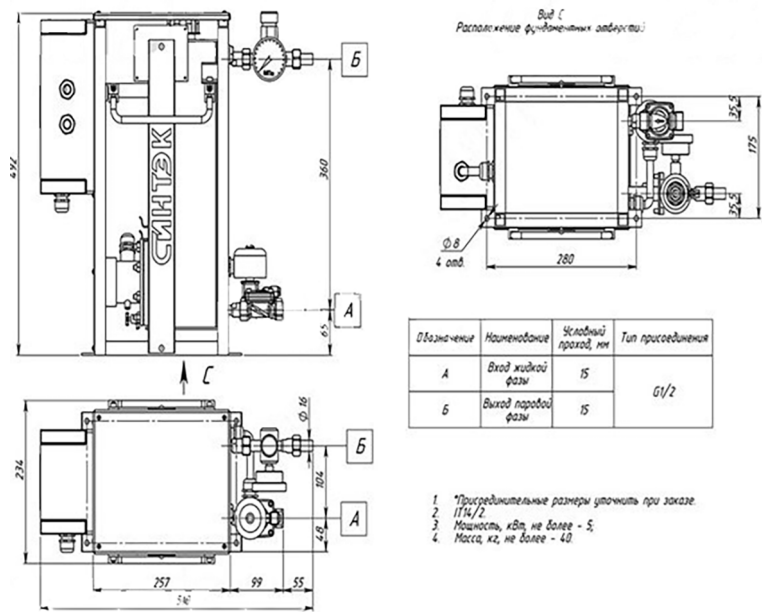


Рис. 4. Габаритный чертёж электрического испарителя СИНТЭК-Э-60

Электрический испаритель СИНТЭК-Э-60 в утепленном шкафу с эл. взрывозащищенным обогревом, предназначен для эксплуатации в условиях особого климата, характерного для посёлка Большое Голоустное, расположенного в живописном районе озера Байкал. Благодаря уникальным техническим характеристикам и специализированной конструкции, он эффективно справляется с низкими температурами и повышенной влажностью, обеспечивая стабильную работу даже в самых экстремальных условиях.

Испаритель оснащен современными системами управления и защиты, что гарантирует надежность и безопасность в эксплуатации. Его эргономичный дизайн способствует простоте установки и наладки, а также минимизации потребления энергии, что является важным фактором для жителей региона.

Кроме того, СИНТЭК-Э-60 разработан с учетом специфики местного климата, что позволяет ему осуществлять эффективное испарение с минимальными потерями производительности. Устойчивые материалы, использованные в конструкции, обеспечивают долговечность и надежность устройства, что особенно важно в условиях суровой сибирской природы.

Таким образом, электрический испаритель СИНТЭК-Э-60 становится незаменимым инструментом в обеспечении комфортного микроклимата и эффективного контроля за окружающей средой в районе Байкала.

Список использованной литературы

1. Яковлев Я.М. Внедрение систем газоснабжения сжиженным газом с применением искусственной регазификации / Я.М. Яковлев. — EDN WJIIHJ // Вестник магистратуры. — 2021. — № 5-6 (116). — С. 25–26.
2. Кузнецов С.С. Использование искусственных испарителей при регазификации СУГ / С.С. Кузнецов, З.Н. Никонорова. — EDN ZELILR // Совершенствование методов гидравлических расчетов водопропускных и очистных сооружений. — 2019. — № 1(44). — С. 82–84.
3. Киселёв И.Г. Выбор испарительных установок котельных, работающих на сжиженном природном газе / И.Г. Киселёв, М.Ю. Кудрин, В.Г. Заломин. — EDN RASRJD // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2013. — № 1. — С. 90–96.
4. Исследования применения комплексной мобильной установки для систем жизнеобеспечения на особых природоохранных территориях / М.Ю. Толстой, Н.В. Белокая, А.А. Туник [и др.]. — EDN TQTFMW // Строительство и техногенная безопасность. — 2019. — № 16(68). — С. 117–128.
5. Дзеленко И.В. Альтернативные источники энергии для удаленного потребления / И.В. Дзеленко, М.Ю. Толстой. — EDN IBGROU // Молодежный вестник ИрГТУ. — 2024. — Т. 14, № 2. — С. 242–249.

References

1. Yakovlev Ya.M. Implementation of liquefied gas supply systems using artificial regasification. *Vestnik magistratury = Bulletin of magistratury*, 2021, no. 5-6, pp. 25–26. (In Russian). EDN: WJIIHJ.
2. Kuznetsov S.S., Nikonorova Z.N. Use of Artificial Evaporators in Lpg Regasification. *Sovershenstvovanie metodov gidravlicheskikh raschetov vodopropusknykh i ochistnykh sooruzhenii = Improving methods of hydraulic calculations of water-conducting and treatment facilities*, 2019, no. 1, pp. 82–84. (In Russian). EDN: ZELILR.
3. Kiselev I.G., Kudrin M.Yu., Zalomin V.G. Selection of Boiler-Room Evaporator Units Operating on the Liquefied Natural Gas. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putei soobshcheniya = Proceedings Of Petersburg Transport University*, 2013, no. 1, pp. 90–96. (In Russian). EDN: RASRJD.
4. Tolstoy M.Yu., Belokaya N.V., Tunik A.A., Popova E.M., Popov V.S. Application Research of the Complex Mobile Station for Life Support Systems in Special Environmental Territories. *Stroitel'stvo i tekhnologicheskaya bezopasnost' = Construction and technological safety*. 2019, no. 16, pp. 117–128. (In Russian). EDN: TQTFMW.
5. Dzelenko I.V., Tolstoy M.Yu. Alternative Energy Sources for Remote Consumers. *Molodezhnyi vestnik IrGTU = ISTU Bulletin of Youth*, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 242–249. (In Russian). EDN: IBGROU.

Информация об авторах

Сидоров Артём Александрович — магистрант, кафедра инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения, Институт архитектуры, строительства и дизайна, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: sidoroff.artiom2001@mail.ru.

Тюменцев Владимир Александрович — кандидат технических наук, доцент, кафедра инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения, Институт архитектуры, строительства и дизайна, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: vatyumen@ex.istu.edu.

Донцов Алексей Михайлович — аспирант, кафедра математических методов и цифровых технологий, Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: alex_dontsov@mail.ru.

Information about the Authors

Artyom A. Sidorov — Master's Degree Student, Department of Engineering Communications and Life Support Systems, Institute of Architecture, Construction and Design, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: sidoroff.artiom2001@mail.ru.

Vladimir A. Tyumentsev — PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Engineering Communications and Life Support Systems, Institute of Architecture, Construction and Design, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: vatyumen@ex.istu.edu.

Alexey M. Dontsov — PhD Student, Department of Mathematical Methods and Digital Technologies, Baikal State University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: alex_dontsov@mail.ru.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the Authors

The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Для цитирования

Сидоров А.А. Анализ испарителей сжиженного углеводородного газа (СУГ) и выбор оптимального устройства для газгольдера в п. Большое Голоустное Иркутской области с учетом климатических условий / А.А. Сидоров, В.А. Тюменцев, А.М. Донцов. — DOI 10.17150/2713-1734.2025.7(1).58-71. — EDN VFURQX // System Analysis & Mathematical Modeling. — 2025. — Т. 7, № 1. — С. 58–71.

For Citation

Sidorov A.A., Tyumentsev V.A., Dontsov A.M. Analysis of Liquefied Hydrocarbon Gas (LPG) Evaporators and Selection of Optimal Devices for Gas Holders in the Village of Bol'shoie Goloustnoye, Irkutsk Region, Considering Climatic Conditions. *System Analysis & Mathematical Modeling*, 2025, vol. 7, no. 1, pp. 58–71. (In Russian). EDN: VFURQX. DOI: 10.17150/2713-1734.2025.7(1).58-71.