

УДК 625.08

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ УСИЛЕННЫХ ЛЕДОВЫХ ПЕРЕПРАВ

Егоров А.Л., Мерданов Ш.М., Киселев П.В., Понятов А.Г.

*ГОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет»,
Тюмень, e-mail: general@tsogu.ru*

Большая часть северных регионов России лишена капитальных дорог и мостов. Бурное развитие нефтегазовой отрасли требует постоянного развития сети дорог, что в свою очередь связано с огромными затратами. Один из выходов из этой непростой ситуации – создание временных дорог и ледовых переправ, функционирующих в зимний период. В данной работе предлагается изменить конструкцию термосифона, а именно использовать термосифон с постоянным радиусом закругления. Такая форма позволяет извлекать термосифон с меньшими трудовыми затратами, не нарушая целостности наращенного льда и самого термосифона, что позволяет использовать его неоднократно на протяжении всего зимнего периода. В работе предлагается новая установка для извлечения, представляющая из себя два приводящих и один удерживающий валик, находящиеся с разных сторон термосифона, для обеспечения наилучшего удерживания и прижимной силы. Валики будут приводиться в действие от технологической машины с помощью механической или гидравлической передачи. Применение предложенных мероприятий дает возможность сократить время на усиление ледовой переправы и снизить трудоемкость обслуживания ледовых дорог.

Ключевые слова: временные зимние дороги, ледовые переправы, двухфазный термосифон, намораживание льда

EQUIPMENT FOR THE CONTRUCTION OF REINFORCED ICE CROSSINGS

Egorov A.L., Merdanov S.M., Kiselev P.V., Ponyatov A.G.

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: general@tsogu.ru

Most of the northern regions of Russia lacks the capital roads and bridges. The rapid development of the oil and gas industry requires constant development of roads, which in turn is connected with enormous cost. One way out of this difficult situation, the creation of temporary roads and ice crossings, operating in winter. In this paper, we propose to change the design of the thermosyphon, namely to use the thermosyphon with a constant radius of curvature. This form allows you to extract thermosyphon with lower labor costs without compromising the integrity of the ice and accrued thermosyphon, it can be used repeatedly throughout the winter period. The paper proposes a new system for extracting, representing a leading two and one holding a roller located on different sides of the thermosyphon, for the best retention and downforce. The rolls will be driven by technological machine with a mechanical or hydraulic transmission. Application of the proposed measures allows to reduce the time to strengthen the ice crossing and reduce the complexity of service ice roads.

Keywords: temporary winter roads, ice crossings, two-phase thermosyphon, freezing ice

Большая часть северных регионов России лишена капитальных дорог и мостов. Бурное развитие нефтегазовой отрасли требует постоянного развития сети дорог, что в свою очередь связано с огромными затратами. Один из выходов из этой непростой ситуации – создание временных дорог и ледовых переправ, функционирующих в зимний период [5, 6].

В данной работе предлагается более подробно рассмотреть метод намораживания тела ледовой переправы с помощью термосифонов.

Методика. Двухфазный термосифон представляет собой цельнотянутую трубу диаметром 20–30 мм, изготовленную из углеродистой стали. Нижняя часть трубы, погружаемая в замораживаемую среду, заострена и заполняется сжиженным хладагентом. Она выполняет роль испарителя. Верхняя орбренная часть трубы постоянно омываемая воздухом, является конденсатором.

Запорно-зарядное устройство, расположенное в верхней части термосифона,

используется для испытания термосифона на прочность и плотность; при зарядке его хладагентом для подсоединения манометра; а также при заполнении термосифона горячей средой (водой, водяным паром) для оттаивания льда при демонтаже термосифона.

При температуре воздуха ниже температуры воды тепло от воды передается жидкости в испарителе и вызывает ее испарение. Пары испарившейся жидкости поднимаются в конденсатор. Под влиянием более низкой температуры воздуха пары конденсируются, и жидкость под действием силы тяжести по стенкам термосифона стекает в испаритель. По мере движения вниз жидкость отбирает тепло от воды и нагревателя. В дальнейшем цикл повторяется.

При отрицательной температуре воздуха сконденсировавшаяся жидкость имеет отрицательную температуру, поэтому при ее движении вниз происходит намораживание льда на погруженной части термосифона. Этот процесс происходит тем быстрее,

чем ниже температура воздуха. Внутренний диаметр термосифона определяется особенностями гидродинамики двухфазного потока. Термосифон (рис. 1) состоит из испарителя, конденсатора, запорно-зарядного устройства и защитного колпака.

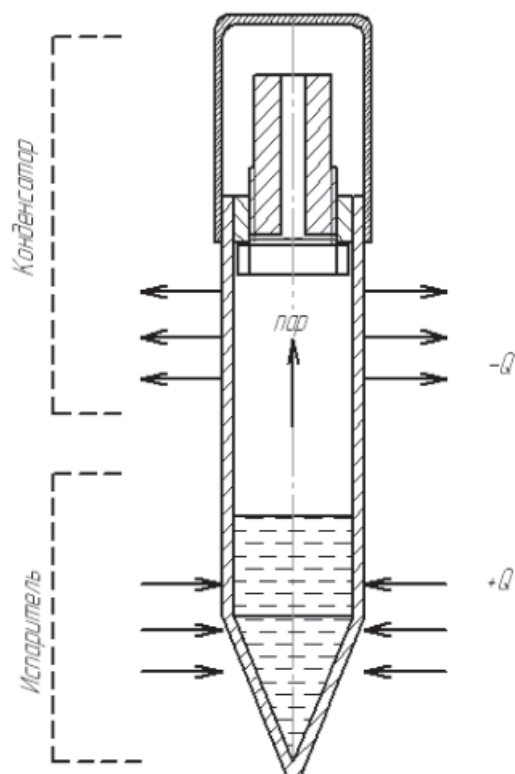


Рис. 1. Конструкция двухфазного термосифона

Испаритель представляет собой цилиндрическую полость, в которой происходит испарение (кипение) хладагента за счет тепла окружающей среды (воды, грунта). При строительстве усиленных переправ испаритель устанавливается в воду для намораживания опорной стойки. Конденсатор является теплообменником, в котором осуществляется конденсация паровой фазы, поступающей из испарителя, а выделяемое при этом тепло передается воздуху.

Промежуточная часть термосифона расположена между испарителем и конденсатором, служит для перехода паровой фазы от испарителя к конденсатору и жидкого хладагента в обратном направлении. Запорно-зарядное устройство предназначено для испытания термосифона на плотность и прочность, вакуумирования, зарядки хладагентом, манометрического контроля, перезарядки и подачи внутрь термосифона горячей среды (пара, воды) растепления граничного слоя льда при демонтаже термосифона.

В существующих методах усиления переправ используют наклонные термосифо-

ны. Существует конструкция и технология строительства ледяной переправы для глубоких рек, в которой предусматривается искусственное намораживание льда на естественном ледяном покрове. Испарители термосифонов, являющиеся стоками тепла, одновременно выполняют роль армирующих элементов.

Для наведения переправы используют Г-образные термосифоны. Испарители 4-х термосифонов с обоих краев переправы укладывают на лежни под углом 45° в направлении к ее оси. Испарители также можно укладывать на предварительно изготовленные уплотненные снежные блоки [1]. Глухие концы испарителей опираются на лед, причем посередине переправы обеспечивается перекрещивание испарителей, идущих от противоположных краев. Благодаря такому расположению испарителей интенсифицируется процесс намораживания льда в средней части переправы, увеличивается его толщина, создаваемого испарителями термосифонов. После придания конденсаторам термосифонов вертикального положения испарители крепят скобами к лежням.

После установки термосифонов в проектное положение производят послойное намораживание искусственного льда. Толщина намороженного слоя выбирается с учетом требуемой грузоподъемности переправы.

Даже при разной прочности льда в зоне расположения испарителей и намороженного простым поливом грузоподъемность проезжей части в указанное время составляет около 30 т, в то же время в зоне обычного полива грузоподъемность составляла около 15 т.

Известно, что прочность искусственно заложеного льда примерно на 30–35% ниже прочности основного льда [9], образующегося естественным путем. Соответственно, лед, намораживаемый с введением испарителей термосифонов, также имеет прочность ниже прочности основного льда. Однако это обстоятельство никак не сказывается на несущей способности переправы, поскольку характеристикой, ограничивающей величину нагрузки на переправу, является уровень изгибающих напряжений на нижней поверхности льда. Верхняя поверхность льда испытывает изгибающие напряжения такого же уровня, как и нижняя, однако находится при более низкой температуре, близкой к температуре наружного воздуха. При понижении температуры прочность льда на изгиб увеличивается. Благодаря этому достигается равнопрочность верхней и нижней поверхности льда даже при более низких механических свойствах намороженного слоя.

Данная конструкция имеет существенный минус из-за того, что требует значительных трудозатрат на извлечение Г-образных термосифонов.

Результаты. Для решения данной задачи предлагается изменить форму самого термосифона: вместо Г-образного использовать термосифон с постоянным радиусом закругления (рис. 2).

процесс намораживания льда. Исходя из расчетов, длину изогнутой части термосифона рекомендуется принимать около 8 метров, радиус закругления – 54 метра. Данные размеры оптимальны для производства и своевременного и качественного намораживания льда. При необходимости увеличения полос на проезжей части термосифоны можно укладывать по разные стороны

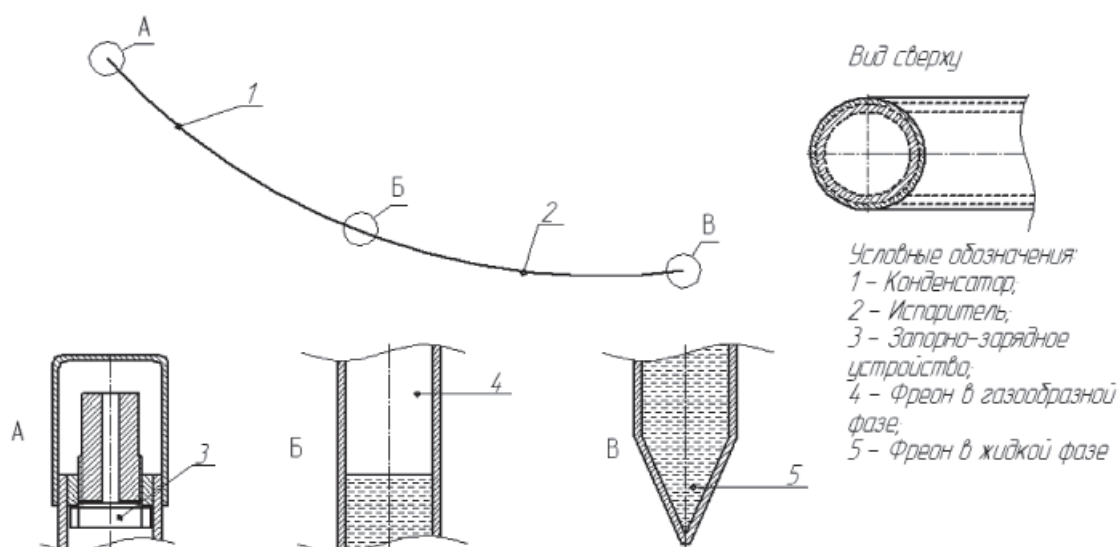


Рис. 2. Изогнутый термосифон

При выборе радиуса закругления необходимо учитывать тот факт, что в термосифоне находится жидкость, которая должна собираться в его нижней части. Иначе рабочий цикл будет нарушен и дальнейшее его использование будет неэффективно.

При изменении формы термосифона его технологические свойства не изменяются. При имеющемся естественном льде толщиной 0,4 метра и времени намораживания 13 суток наращенный лед будет иметь толщину в 60 сантиметров, что полностью соответствует заявленным требованиям.

Ширина полосы устанавливается на 5 метров более ширины наиболее габаритного груза [4]. В среднем ширина строительной техники равна 3 метрам. Следовательно, ширина ледовой переправы должна быть не менее 8 метров. При наращивании льда на протяжении всей ширины полотна длина замороженной части Г-образного термосифона равна 8 метрам.

Зная ширину переправы, длину закругленной части термосифона и высоту льда, можно рассчитать радиус закругления [7, 8]. При необходимости изменения длины термосифона изменение угла закругления будет незначительным и не повлияет на

дороги, что также не нарушит технологический процесс и увеличит количество проходящих автомобилей на переправе.

Такая форма позволяет извлекать термосифон с меньшими трудозатратами, не нарушая целостности наращенного льда и самого термосифона, что позволяет использовать его неоднократно на протяжении всего зимнего времени. А также нет необходимости в использовании электрического тока, что делает термосифон более автономным и независимым от электрических проводов и дополнительного оборудования.

При установке изогнутого термосифона переправа примет следующий вид (рис. 3).

Нахождение термосифона в теле ледовой переправы на протяжении всего зимнего периода нецелесообразно ввиду того, что необходимая грузоподъемность ледовой переправы достигается в максимально короткие сроки и для последующего намораживания льда необходимости нет. Также, для предотвращения деформации корпуса и нарушения рабочего цикла термосифона, из-за наезда на него автомобильной техники, существует необходимость его извлечения.

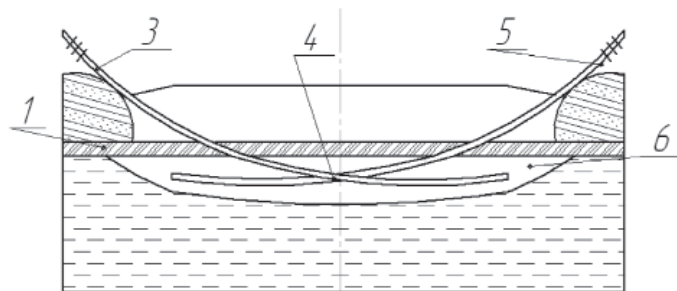


Рис. 3.

1 – естественный ледяной покров; 2 – лежни, расположенные вдоль переправы;
3 – закругленные термосифоны; 4 – испарители; 5 – наружные конденсаторы термосифонов;
6 – намороженная часть льда

При строительстве двух и более переправ необходимо иметь большое количество термосифонов, а своевременное их извлечение может сократить их число до минимума, т.к. при заморозке льда в одном месте термосифон можно перевезти на другую переправу и использовать его снова. Количество перемещений термосифона за зимний период не ограничено, что значительно снижает финансовые затраты на строительство ледовых переправ.

При использовании термосифона длиной восемь метров сложность его извлечения очевидна. Есть необходимость в использовании механизированного средства извлечения. Принимая во внимание тот факт, что термосифон установлен не вертикально, извлечение его принимает непростой характер [10]. При извлечении трубы из льда необходимо обратить внимание на тот факт, что повреждение намороженного льда недопустимо, так же как и самого устройства намораживания.

Возникла задача создания навесного оборудования для извлечения изогнутого термосифона, которое не нарушит целостность термосифона и позволит поднять его для дальнейшей транспортировки [2, 3]. Цилиндрическую форму термосифона предлагается зажимать тремя валиками между собой и с помощью сил трения и крутящего момента, подаваемого на приводные валы, вытаскивать термосифон из слоя намороженного льда. Принципиальная схема устройства для извлечения представлена на рис. 4.

Сама конструкция будет представлять собой два приводных и один удерживающий валики, находящиеся с разных сторон термосифона, для обеспечения наилучшего удерживания и прижимной силы. Для предохранения корпуса термосифона от деформации валики предлагается оборудовать резиновыми или силиконовыми накладками. Конструкция жесткости навесного оборудо-

вания должна быть спроектирована таким образом, чтобы расстояние между приводным и прижимным валиками можно было менять для возможности использования термосифонов различного диаметра.

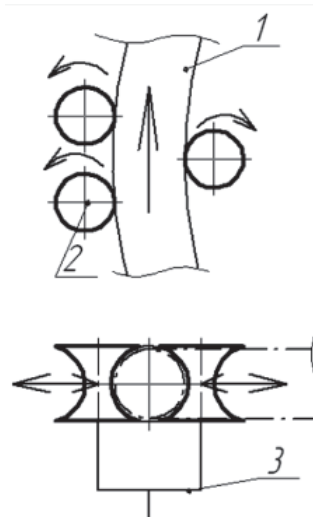


Рис. 4. Принципиальная схема устройства для извлечения термосифонов:

1 – термосифон; 2 – фрикционные приводные валицы; 3 – рама устройства

Оборудование будет максимально универсально, для возможности навешивания его на технику, уже имеющуюся в парке организации (рис. 5).

Для облегчения извлечения термосифон можно предварительно нагреть тепловой пушкой. Что позволит освободить примерзшие части термосифона от льда и облегчит его извлечение. Нагревание будет производиться только на незаправленных термосифонах, иначе в конденсаторе может возникнуть повышенное давление и произойдет произвольная разгерметизация, нарушение целостности устройства. Для предотвращения детонации необходимо откачивать фреон из рабочей области.

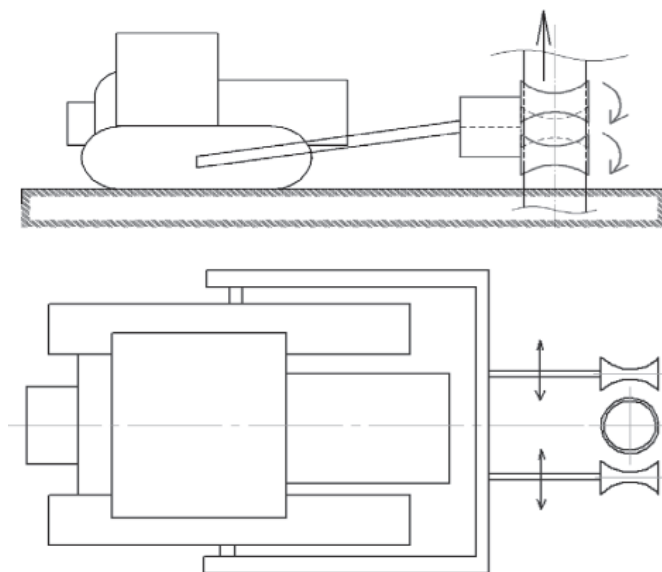


Рис. 5. Пример размещения оборудования на бульдозере

В зависимости от вида и класса фреона можно использовать различные установки. В большинстве случаев установка для заправки работает и в обратную сторону, что позволяет как заполнять, так и стравливать газ из термосифона.

Вывод

Таким образом, в ходе исследований были предложены: новая технология строительства усиленных переправ, конструкция термосифона и устройство для его извлечения, – что в совокупности дает возможность сократить время на усиление переправы и снизить трудоемкость обслуживания ледовых дорог.

Список литературы

1. Егоров А.Л. Обоснование рабочих параметров снегоуборочной машины с уплотняющим рабочим органом: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04. – Тюмень, 2004. – 158 с.
2. Карнаухов Н.Н. Приспособление строительных машин к условиям Российского Севера и Сибири. – М.: Недра, 1994. – 351 с.: ил.
3. Карнаухов Н.Н. Эксплуатация машин в строительстве: учеб. пособие / Н.Н. Карнаухов и др. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2006. – 420 с.
4. Карнаухов Н.Н., Егоров А.Л., Мерданов Ш.М. Оборудование для возведения усиленных ледовых переправ // Вестник Курганской ГСХА. – 2015. – № 4. – С. 64–66.
5. Мерданов Ш.М., Егоров А.Л., Шаруха А.В., Спиричев М.Ю. Принципы формирования механизированных комплексов для возведения зимних дорог // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; (DOI: 10.17513/spno.2013.6.113-1063) URL: www.science-education.ru/113-10638.
6. Мерданов Ш.М., Спиричев М.Ю., Шаруха А.В., Егоров А.Л. Технология строительства снеготалочных дорог // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5; (DOI: 10.17513/spno.2013.5.111-10427) URL: www.science-education.ru/111-10427.
7. Мерданов Ш.М. Научные основы создания комплексов машин для строительства временных зимних дорог в районах Севера и Сибири: дис. ... д-ра.техн. наук: 05.05.04. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. – 327 с.

8. Мерданов Ш.М. Пути совершенствования строительных машин / Ш.М. Мерданов, Н.Н. Карнаухов, Г.Г. Закирзаков и др.; под общ. ред. Ш.М. Мерданова. – Тюмень: Экспресс, 2005. – 280 с.

9. ОДН 218.010-98 «Инструкция по проектированию, строительству и эксплуатации ледовых переправ».

10. Технические основы создания машин: учебное пособие / Ш.М. Мерданов, А.Л. Егоров, Д.В. Райшев и др. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – 260 с.

References

1. Egorov A.L. Obosnovanie rabochih parametrov snegouborochnoj mashiny s uplotnyayushchim rabochim organom: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.05.04. Tyumen, 2004. 158 p.
2. Karnauhov N.N. Prispособlenie stroitennyh mashin k usloviyam Rossijskogo Severa i Sibiri. M.: Nedra, 1994. 351 p.: il.
3. Karnauhov N.N. EHkspluatatsiya mashin v stroitestve: ucheb. posobie / N.N. Karnauhov i dr. Tyumen: TyumGNGU, 2006. 420 p.
4. Karnauhov N.N., Egorov A.L., Merdanov SH.M. Oborudovanie dlya vozvedeniya usilennyh ledovyh pereprav // Vestnik Kurganskoj GSKHA. 2015. no. 4. pp. 64–66
5. Merdanov SH.M., Egorov A.L., SHaruha A.V., Spirichev M.YU. Principy formirovaniya mekhanizirovannyh kompleksov dlya vozvedeniya zimnih dorog // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. no. 6; (DOI: 10.17513/spno.2013.6.113-1063) URL: www.science-education.ru/113-10638.
6. Merdanov SH.M., Spirichev M.YU., SHaruha A.V., Egorov A.L. Tekhnologiya stroitstva snegotalochnykh dorog // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. no. 5; (DOI: 10.17513/spno.2013.5.111-10427) URL: www.science-education.ru/111-10427.
7. Merdanov SH.M. Nauchnye osnovy sozdaniya kompleksov mashin dlya stroitstva vremennyh zimnih dorog v rajonah Severa i Sibiri: dis. ... d-ra.tekhn. nauk: 05.05.04. Tyumen: TyumGNGU, 2010. 327 p.
8. Merdanov SH.M. Puti sovershenstvovaniya stroitennyh mashin / SH.M. Merdanov, N.N. Karnauhov, G.G. Zakirzakov i dr.; pod obshch.red. SH.M. Merdanova. Tyumen: EHkspress, 2005. 280 p.
9. ODN 218.010-98 «Instrukciya po proektirovaniyu, stroitstvu i ehkspluatatsii ledovyh pereprav».
10. Tekhnicheskie osnovy sozdaniya mashin: uchebnoe posobie / SH.M. Merdanov, A.L. Egorov, D.V. Rajshev i dr. Tyumen:TyumGNGU, 2013. 260 p.