

УДК 629.4.048.7

И. Г. Киселёв, М. Ю. Кудрин, В. Г. Заломин

Петербургский государственный университет путей сообщения

**ВЫБОР ИСПАРИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК КОТЕЛЬНЫХ,
РАБОТАЮЩИХ НА СЖИЖЕННОМ ПРИРОДНОМ ГАЗЕ**

Использование сжиженного природного газа (СПГ) является прогрессивным шагом в развитии топливной энергетики. Уже сейчас он становится частью глобального мирового топливного рынка. Сжиженный природный газ используется для тех же целей, что и сетевой природный газ: получение электричества, тепловой энергии и промышленного холода, газификация населенных пунктов и промышленных объектов. СПГ имеет значительные преимущества перед другими энергоносителями: сжиженным газом можно в короткие сроки обеспечить негазифицированные населенные пункты, куда экономически невыгодно прокладывать газопроводы. Помимо этого, сжиженный природный газ – самый экологически чистый и безопасный из массово используемых видов топлива, а это открывает широкие перспективы его использования в промышленности и на транспорте.

В статье представлена классификация испарительных установок, рассмотрены все преимущества и недостатки использования установки, а также принцип и цикл работы установки для испарения газа. Показаны перспективы использования испарителей-регазификаторов и их влияние на работу автоматизированных котельных.

испарительная установка, регазификатор (испаритель), искусственное испарение, естественное испарение, сжиженный природный газ, паровая фаза.

Введение

Сжиженный природный газ используется для тех же целей, что и сетевой природный газ: получение электричества, тепловой энергии и промышленного холода, газификация населенных пунктов и промышленных объектов, создание резерва топлива для компенсации пиковых нагрузок, применение в качестве моторного топлива на транспорте и сырья для химической промышленности. Широкое использование газа на мировых топливных рынках обусловлено прежде всего тем, что он дешевле других видов топлива (угля, мазута, дизельного топлива). СПГ имеет значительные преимущества перед другими энергоносителями. Помимо этого, сжиженный природный газ – самый экологически чистый и безопасный из массово используемых видов топлива, а это открывает широкие перспективы его применения в промышленности и на транспорте.

1 Перспективы использования СПГ

На сегодняшний день сжиженный природный газ (СПГ) стал частью глобального мирового топливного рынка, его использование, по мнению большинства аналитиков, является прогрессивным шагом в развитии мирового топливного рынка. Этот факт важен тем, что примерно 40% запасов природного газа находится на территории России [1], однако доля продаж в основном на азиатском рынке СПГ у Российской Федерации составляет около 7%. В настоящее время основными потребителями сжиженного природного газа являются Европа и Океания, где ведущие места по потреблению занимают соответственно Франция и Испания (10 млрд м³), Япония (94 млрд м³) и Южная Корея (23 млрд м³). Страны Ближнего Востока в настоящее время являются основными поставщиками данной продукции, однако есть тенденция к увеличению поставок СПГ

на европейский и азиатский рынок Австралией.

Широкое распространение газового топлива, в том числе сжиженного, обусловлено его меньшей стоимостью по отношению к другим видам топлива, таким как мазут, дизельное топливо и уголь.

Несмотря на то, что СПГ используется для тех же целей, что и обычный природный газ, он имеет значительные преимущества:

- не требуется прокладка дорогостоящих магистральных трубопроводов, доставка возможна с использованием практически любого вида транспорта;

- благодаря отсутствию трубопроводов исключены утечки, дополнительные эксплуатационные затраты, сведена к минимуму возможность возникновения аварийных ситуаций, не занимают коммуникациями обширные земельные участки;

- в сравнении с продуктами нефтепереработки и ископаемыми видами твердого топлива – экологически чище и проще в использовании;

- кроме самого газа, можно дополнительно использовать холод СПГ, например в энергетических установках на тепловых электростанциях (охлаждение воды, конденсация пара), для охлаждения сверхпроводящих линий электропередач, а также в вагонах-рефрижераторах для охлаждения продуктов питания [2].

Весь цикл использования СПГ от производства до конечных потребителей представлен на рисунке 1 и состоит из следующих основных элементов:

- завода по производству СПГ, который работает на месте добычи газа, с возможностью подключения к магистральному трубопроводу. В настоящее время все компоненты завода могут монтироваться прямо в заводских условиях;

- транспортных средств для перевозки СПГ: морских танкеров, автомобилей-газовозов, ж.-д. цистерн, обеспечивающих доставку готового СПГ непосредственно в зоны потребления;

- комплексов регазификации или СПГ – терминалов, состоящих из сливной эстака-

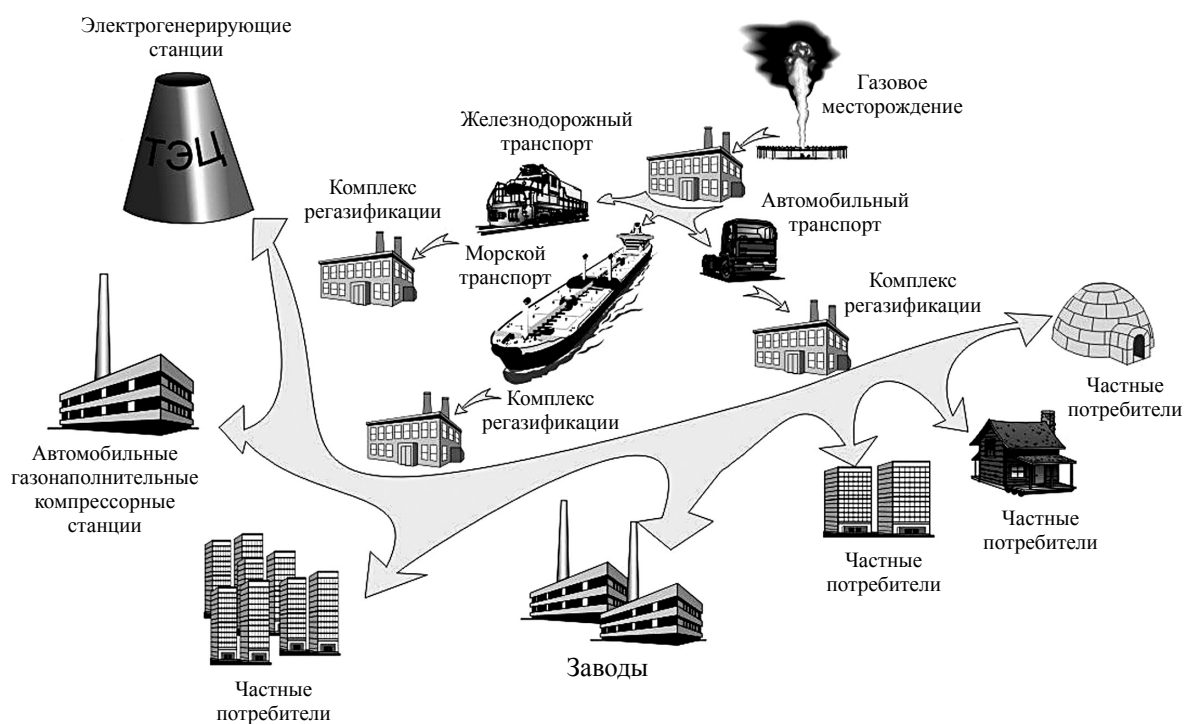


Рис. 1. Цикл использования СПГ

ды, резервуаров для хранения, испарительной системы и узла учёта, которые обеспечивают хранение СПГ, преобразование в паровую фазу и подачу в систему локальных газопроводов;

– объектов газификации – крупных электрогенерирующих, промышленных и частных потребителей, а также автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС).

2 Классификация испарительных установок

Испарительные установки сжиженного природного газа предназначены для преобразования жидкой фазы в парообразную, а также для регулирования давления. Функция испарителя – обеспечивать надежную и бесперебойную подачу паровой фазы продукта при любом составе газа и любой температуре. Классификация испарителей-регазификаторов приведена на рисунке 2.

Испарительные установки можно разделить на две подгруппы: с естественным испарением и с искусственным. Установки с естественным испарением обладают серьезными недостатками: значительной металлоемкостью, неравномерностью состава паровой фазы (вначале испаряются легкие, затем – тяжелые углеводороды), следовательно, потребитель получает газ переменной теплоты сгорания, в резервуаре накапливается тяжелоиспаряемый продукт, снижается упругость паров сжиженного газа, оставшегося в резервуаре.

Указанные недостатки естественного испарения значительно осложняют операции по хранению газа, затрудняют эксплуатацию групповых резервуарных установок и газовых приборов, ухудшают качество сгорания газа. Низкая производительность установок с естественным испарением сжиженных газов вынуждает увеличивать число подземных резервуаров. Поэтому установки с естественным испарением могут быть рекомендованы только для газопотребительного оборудования малой производительности

(индивидуальные пользователи), а также для южных регионов с высокими среднесуточными температурами.

Установки с искусственным испарением обладают большим преимуществом перед установками с естественным испарением. Применение установок искусственной регазификации позволяет резко, от 3 до 8 раз, увеличить испарительную способность групповых резервуарных установок и снизить металлоемкость, а значит и капитальные затраты в пересчете на единицу массы используемого газа, кроме этого, обеспечивается получение газа с постоянной теплотой сгорания.

Классификация испарителей отвечает особенностям конструкции теплопередающих поверхностей и виду теплоносителя. По способу контакта теплоносителя со сжиженным газом их можно разделить на два основных вида – прямого и непрямого подогрева, комбинированные – сочетающие принципы работы испарителя прямого и непрямого подогрева. К испарителям прямого подогрева относятся аппараты, в которых сжиженный газ получает теплоту через стенку непосредственно от горячего теплоносителя. В испарителях непрямого подогрева сжиженный газ получает теплоту через стенку от промежуточного газа или жидкости, обогреваемых горячим теплоносителем.

Существуют комбинированные испарители, сочетающие в себе оба принципа работы. Испарители могут быть также классифицированы:

- по применяемой схеме регазификации (емкостные, проточные, комбинированные);
- по виду контакта теплоносителя со сжиженным газом (электрические (рис. 3, а), огневые (рис. 3, б), водяные, паровые (рис. 3, в), масляные);
- по виду контакта сжиженного газа с поверхностью нагрева (с кипением сжиженных газов в большом объеме, с кипением в трубах при вынужденной циркуляции и оросительные – пленочные и форсуночные);
- по испарительной способности (малые, средние, большие);
- по давлению (высокого, среднего).

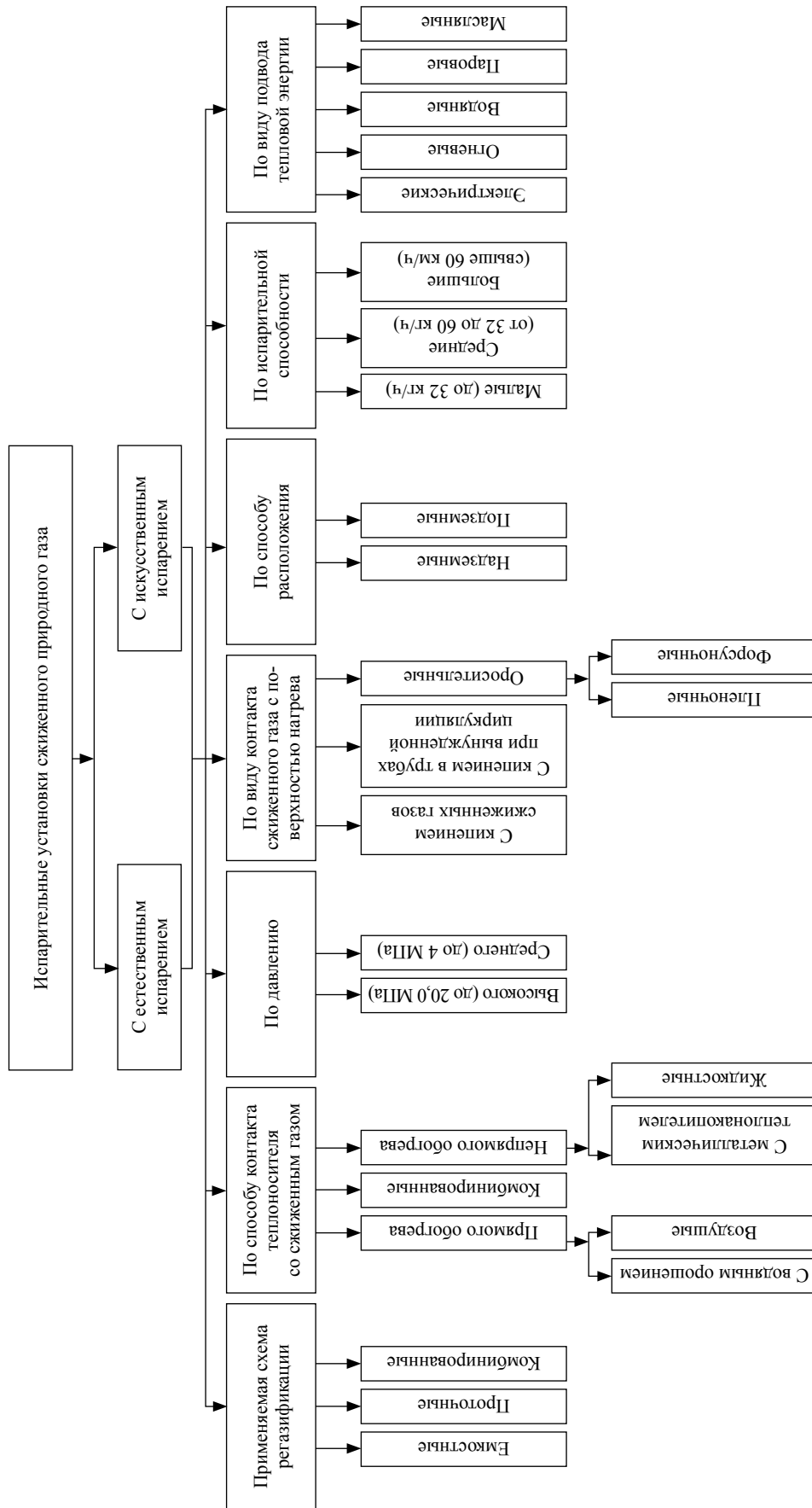


Рис. 2. Классификация испарителей-регазификаторов

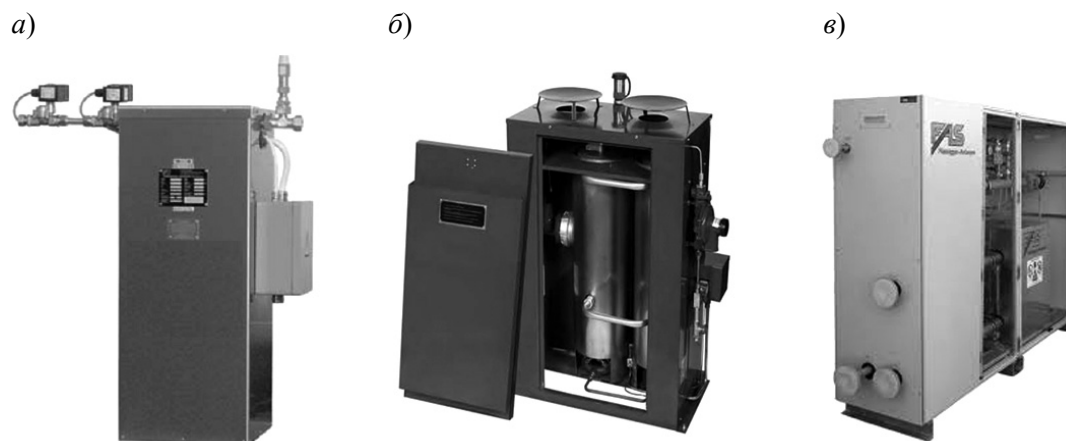


Рис. 3. Виды испарителей: *а* – электрический; *б* – огневой; *в* – водяной (паровой)

3 Испарительная установка и цикл ее работы

На рисунке 4 представлен пример компоновки электрической испарительной установки [3].

На линии паровой фазы (после испарителя) в качестве контрольного элемента расположен отсекающий шаровой клапан (конденсата), в его нижней части размещен стравливающий шаровой клапан для удаления конденсата. Дополнительно установка может быть укомплектована сенсором контроля уровня и регуляторной группой. Регулировка давления осуществляется в двухступенчатом режиме: регулировка среднего давления (от 1,6 до 0,15 МПа) и регулировка низкого давления (от 0,15 МПа и ниже).

Типы регуляторов давления, их типоразмеры зависят от пропускной способности установки и необходимого давления на выходе. Регуляторы выравнивают давление паровой фазы СПГ на некоторое значение, например 0,005 МПа, и так называемой урегулированной паровой фазой гарантируют непрерывную подачу к потребителю.

Схема работы электрического испарителя показана на рисунке 5. Рабочий цикл испарителя поддерживается при помощи термостатов – специальных датчиков температуры, которые управляют электромагнитными клапанами подачи жидкой фазы при достижении заданных значений по температуре. Это обеспечивает максимально эффективный ре-

жим испарения. Также клапаны обеспечивают защиту при возникновении нештатных ситуаций, перекрывая подачу жидкой фазы в случае превышения максимально допустимого расхода, отключения подачи электропитания или несоответствия показателей паровой фазы на выходе из испарителя. По змеевику, размещенному внутри пространства испарителя, заполненного сплавом, испаряясь, движется жидкая фаза. Устройство изготавливается в нескольких вариантах в зависимости от требуемой мощности.

Заключение

Подводя итоги сказанному выше, можно сделать некоторые выводы и дать рекомендации по выбору испарительных установок, так как их характеристики играют важнейшую роль при проектировании систем хранения газов, приборов и газогорелочных устройств.

Низкая производительность установок с естественным испарением сжиженных газов вынуждает увеличивать число подземных резервуаров. Поэтому такие установки могут быть рекомендованы только для оборудования малой производительности (для индивидуальных пользователей), а также для южных регионов с высокими среднесуточными температурами.

Так как интенсивность испарения сильно зависит от температуры, при которой про-

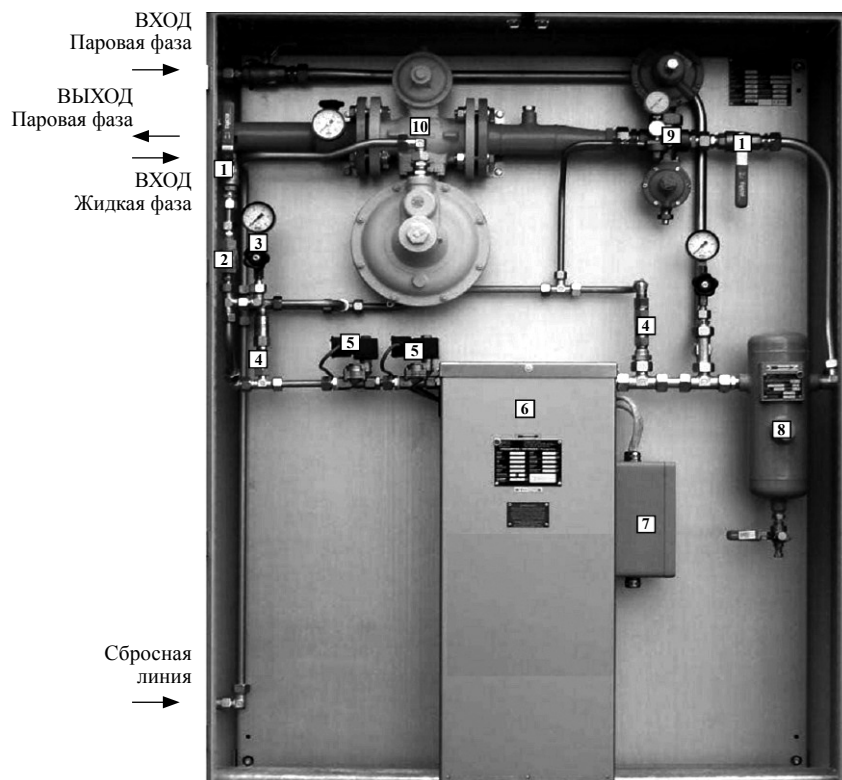


Рис. 4. Шкаф с электрической испарительной установкой:
 1 – шаровый клапан; 2 – фильтр; 3 – манометр с запорным вентилем; 4 – предохранительный клапан; 5 – электромагнитный клапан; 6 – испаритель; 7 – клеммная коробка; 8 – отсекатель жидкости с опорожняющим шаровым клапаном; 9 – регулятор среднего давления; 10 – регулятор низкого давления

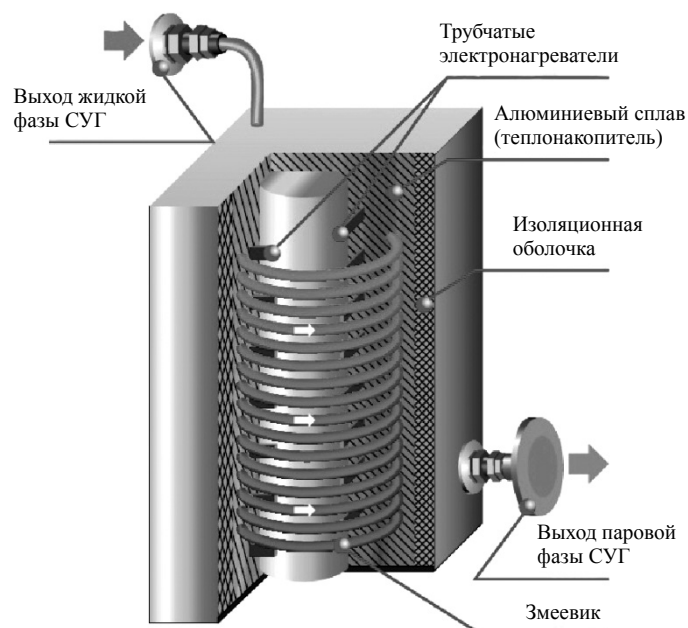


Рис. 5. Схема работы электрического испарителя

текает процесс, то тип испарительных установок необходимо выбирать в соответствии с климатическими условиями, при которых планируется использование установки (например, в очень холодных зонах необходимо использовать проточные испарители, в умеренно теплых зонах экономически целесообразно применять грунтовые испарители).

Для увеличения экономичности и стабильности газоснабжения рекомендуется применять групповые резервуарные установки с искусственным испарением, так как испарительная способность таких установок не зависит от количества жидкости в резервуарах и сохраняется всегда на заданном уровне, кроме этого, теплота сгорания паровой фазы в таких установках постоянна, вплоть до полной выработки всего газа в резервуарах.

Применение регазификаторов с искусственным испарением резко увеличивает производительность установки (до 8 раз), поэтому для регулировки сезонных и суточных неравномерностей потребления газа важен правильный подбор и установка до-

полнительной контролирующей и регулирующей арматуры.

В настоящее время из различных видов испарителей наиболее перспективным и экономически выгодным является электрический испаритель. Достоинствами его являются простота конструкции, независимость от климатических условий, а также низкое энергопотребление (около 5 кВт) и возможность работы от бытовой электросети.

Библиографический список

1. **Сжиженный** природный газ вчера, сегодня, завтра / И. В. Бармин, И. Д. Кунис / ред. А. М. Архаров. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 256 с.
2. **Энциклопедия** газовой промышленности / В. А. Тимофеев / редакц. пер. К. Басниев. – М. : Акционерное общество ТВАНТ, 1994. – 884 с.
3. **Компания** FAS Flussiggas Anlagen GmbH [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fas.su/index.php?page=68> (дата обращения 23.09.2012).

УДК 624.82./85 (075.8)

В. В. Кондратов

ООО «Мостовые сооружения и путь»

Г. И. Богданов

Петербургский государственный университет путей сообщения

ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАЗВОДНЫХ МОСТОВ РАСКРЫВАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ ПРИ ОТСУТСТВИИ ПОДКЛИНКИ ПРОТИВОВЕСА

Рассматриваются особенности изменения напряженного состояния элементов пролетных строений разводных мостов раскрывающейся системы в процессе движения крыла. Показывается необходимость использования для оценки долговечности раскрывающихся мостов двухчастотного режима нагружения. Приводится пример оценки долговечности крыла разводного пролетного строения при отсутствии противовеса.

разводной мост, раскрывающаяся система, крыло, противовес, напряжения, колебания, динамический коэффициент.