

ISSN 0027-0040

montazhnie.ru

МОНТАЖНЫЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

11' 2016 (890)



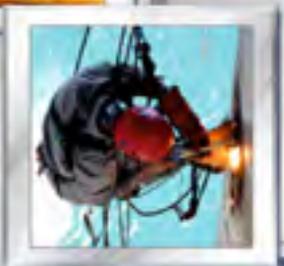
ХИРУРГИЯ СТАЛЬНЫХ ГИГАНТОВ



7-9 декабря КАЗАНЬ-2016

ОРГАНИЗАТОРЫ
Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан,
Ассоциация предприятий и предпринимателей Республики Татарстан,
Мэрия города Казани,
ОАО «Казанская ярмарка»

При поддержке Президента и Правительства Республики Татарстан



16-я международная специализированная выставка
**Машиностроение.
Металлообработка.
Казань**

11-я специализированная выставка
**ТехноСварка
Казань**



Место проведения:
Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8,
тел./факс (843) 570-51-26, 570-51-11 (круглосуточный)
www.expomach.ru; www.svarkaexpo.ru
www.expokazan.ru, e-mail: d9@expokazan.ru

12+

МОНТАЖНЫЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

11'16
(890)
НОЯБРЬ

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал

Издается с июля 1939 г.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Хуснутдинов Фаниль Тагирович;
Луговской Владимир Петрович;
Брусникина Ольга Борисовна;
Шухман Майсей Григорьевич;
Ишмухаметова Мनावара Назхатовна.

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Регистрационный номер ПИ №77-12371 от 19 апреля 2002 г.

Юридический адрес: 123001, Москва, Б.Садовая, 8 стр.1. ЗАО «Журнал Монтажные и специальные работы в строительстве»

www.montazhnie.ru журналмонтажные.рф

Почтовый адрес редакции:

Московский офис: 105318, г. Москва.
Ул. Ибрагимова, дом 15 корпус 2-3
Уфимский офис: 450064, г. Уфа.
ул. Нежинская д. 11/1 офис 2.6, тел. (347)2420273
E-mail: mcc-work@mail.ru

Исполнительный директор: Ольга Брусникина
Редактор: Константин Васильев
Дизайнер: Александр Бухалов

Перепечатка материалов из журнала возможна только с разрешения редакции. При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.
За содержание рекламы ответственность несет рекламодатель. Статьи приводятся в авторской редакции.

© ПАО «Журнал «Монтажные и специальные работы в строительстве», 2016

Подписано в печать 28.11.2016 Формат 60x88 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 4.
Зак. № 2207. Типография «СМУК-ПРЕСС»
г. Уфа, ул. Комсомольская, 122 б, тел (347) 237-15-28

УЧРЕДИТЕЛИ:

ЗАО «Трест Коксохиммонтаж»,
ПАО «АК ВНЗМ»,
ОАО «Волгонефтехиммонтаж»,
ОАО «Трест № 7»,
ЗАО «Кислородмонтаж»

СОДЕРЖАНИЕ

Сварка

Механизация и автоматизация сварки технологических и городских трубопроводов 2

Объекты заповяря

Вопросы термостабилизации оснований сооружений на многолетнемерзлых (вечномёрзлых) грунтах 9

Производственный опыт

Хирургия стальных гигантов..... 14

Энергоэффективность

Опыт строительства «пассивных домов» с использованием пенополистирола..... 21

Влияние толщины утеплителя на теплотехническую однородность фасадов общественных зданий..... 22

Экономика отопления коттеджа..... 25

Водоочистка промышленных предприятий

Комплексные решения для биологической очистки стоков на примере очистных сооружений города Томашув-Мазовецки, Польша..... 28

Дорогие читатели!

Подписаться на журнал можно отправив заявку на адрес электронной почты: **mcc-work@mail.ru**

Отправка журнала подписчикам осуществляется простыми или заказными письмами через Почту России.

Получить ответы на вопросы, связанные с подпиской, вы можете по электронной почте или по телефону +7 (347) 2420273

наш сайт в интернете:
www.montazhnie.ru
или журналмонтажные.рф
E-mail: **mcc-work@mail.ru**

Сварка

МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СВАРКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРОДСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Дорошенко Федор Евгеньевич, кандидат технических наук E-mail: aldoria@mail.ru

Аннотация:

Представлены результаты разработки технологий автоматизированной и механизированной сварки технологических и городских трубопроводов, основанных на применении средств малой механизации и использования современных сварочных материалов. Показаны преимущества металлопорошковых проволок по сравнению с проволоками сплошного сечения при выполнении корневого слоя шва неповоротных стыков трубопроводов. Изложены основные положения технологии автоматизированной сварки труб рутиловой порошковой проволокой без поперечных колебаний горелки с использованием орбитальных магнитных кареток и труборезов.

Ключевые слова:

технологические трубопроводы, механизированная и автоматизированная сварка, металлопорошковая проволока, рутиловая проволока, орбитальные магнитные каретки.

Протяженность магистральных артерий транспорта энергоносителей составляет тысячи километров. Например, протяженность нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан - 4700 км, а газопровода Северный поток – более 1200 км. Учитывая, что при прокладке таких трубопроводов применяются толстостенные трубы большого диаметра, строительство магистральных трубопроводов связано с необходимостью выполнения огромного объема сварочных работ. Сооружение таких трубопроводов в короткие сроки без применения современных автоматических систем сварки представляется практически невозможным. На решение этих проблем сосредоточено внимание ведущих мировых фирм в области сварки. В ряде стран созданы автоматические комплексы для сборки и сварки неповоротных стыков трубопроводов, которые позволяют вести их прокладку со скоростью до нескольких километров в сутки.

Однако, применяемое в настоящее время оборудование для сборки и автоматической сварки магистральных трубопроводов не находят широкого применения из-за его сложности и дороговизны. В то же время, существует огромный неосвоенный рынок сварочных работ, где до настоящего времени применяется только низкоэффективная, мало производительная, связанная с высоким уровнем дефектности, ручная дуговая сварка покрытыми электродами. Сюда относятся трубопроводные эстакады на нефтехимических и металлургических предприятиях, в нефтегазодобывающей промышленности, обвязка резервуарных парков, теплотрасы, водоводы, турбинные трубопроводы гидроэлектростанций, газопроводы систем газораспределения и газопотребления. Огромный объем сварочных работ при монтаже таких трубопроводов может характеризовать такой показатель: протяженность только газовых сетей Москвы составляет 7900 км, в том числе 3900 км подземных газопроводов. Для повышения эффективности и качества сварки на таких объектах нужны недорогие мобильные средства малой механизации в сочетании с современными сварочными материалами.

Ниже приведены результаты экспериментальных исследований по механизации и автоматизации сварки технологических и городских трубопроводов, выполненных в ООО «АЦГХ» с участием В.Н. Бродягина, В.Ф. Емцева и С.В. Туртунова.

Принципиальные отличия технологии производства сварочных работ при монтаже технологических трубопроводов от технологии сварки магистральных трубопроводов заключаются в следующем:

- Нормативные требования к геометрической точности торцов труб, поставляемых по специальным техническим условиям для магистральных трубопроводов значительно выше, чем для труб общего назначения. Автоматизировать сварку труб, имеющих значительные отклонения по овальности, диаметру, толщине стенки, форме и параметрам разделки кромок чрезвычайно сложно.
- При строительстве магистральных трубопроводов применяются станки для переточки кромок труб, что позволяет получать кромки труб с точностью до 0,25 мм. Применение таких станков при прокладке городских трубопроводов весьма проблематично.
- При строительстве магистральных трубопроводов есть возможность применить внутренние центраторы, которые обеспечивают высокую точность сборки стыков без прихваток. Такие центраторы неприменимы при монтаже труб на эстакадах, в траншеях и котлованах.
- При строительстве магистральных трубопроводов успешно решены проблемы защиты зоны сварки от окружающей среды за счет использования унифицированных переносных сварочных палаток, оснащаемых в последнее время даже инфракрасными подогревателями. Применение таких палаток при монтаже труб на эстакадах и при прокладке городских трубопроводов весьма проблематично. Таким образом, при монтаже трубопроводов на эстакадах и при прокладке трубопроводов в городских котлованах и траншеях, практически невозможно использовать, применяемые на магистралях современные технологии и сварочную аппаратуру.

Известно, что основной проблемой при односторонней сварке трубопроводов является качественное выполнение корневого слоя шва с формированием обратного валика. Для решения этой задачи разработано множество технологических вариантов сварки корневого слоя шва. Большое распространение получил метод формирования корня шва при сварке проволокой сплошного сечения диаметром 1,0...1,2 мм в углекислом газе по свободному зазору 2,5...5,0 мм, за



Рис. 1 Вид сварного шва, выполненного металлопорошковой проволокой
а) форма корневого слоя шва (вид изнутри трубы), **б)** внешний вид корневого слоя шва,
в) форма шва при зазоре в стыке до 10 мм и смещении кромок до 6 мм.

счет управляемого каплепереноса электродного металла, который обеспечивается использованием специальных импульсно-дуговых источников питания. Тем не менее, анализ уровня дефектности кольцевых стыков магистральных трубопроводов и причин их образования показывает, что чаще всего дефекты сварных швов образуются в корневом слое шва или в его сопряжении с первым заполняющим слоем. Большое влияние на качество формирования корневого слоя шва влияет точность подготовки и сборки кромок кольцевых стыков – смещения кромок, неравномерность размера приотпущения и величины зазора в стыке.

Особенности горения дуги по открытому зазору, а также характер каплепереноса при импульсно-дуговой сварке, определяют высокую степень насыщения металла шва растворенными газами. Кроме того, наблюдается снижение проплавляющей способности дуги. Высокое содержание растворенных газов в металле шва, а также склонность к образованию различного типа несплошностей, приводят к снижению его ударной вязкости и пластичности. В связи с вышеизложенным, продолжается поиск новых технических решений, направленных на повышение качества корневого слоя шва.

Для оптимизации технологии сварки неповоротных кольцевых стыков трубопроводов, на основе проведенных ранее исследований (Л.1), выбраны металлопорошковые проволоки ОК Tubrod 14.12 и Power Bridge 60M диаметром 1,2 мм. Уникальные свойства этих проволок заключаются в обеспечении высокой стабильности горения дуги в углекислом газе, повышенной вязкости сварочной ванны, стабильного формирования шва во всех пространственных положениях шва, с образованием обратного валика, возможность выполнения нескольких слоев шва без их зачистки от шлака. Наличие множества центров кристаллизации сварочной ванны при сварке металлопорошковой проволокой обеспечивает мелкозернистую структуру металла шва, а также высокие значения ударной вязкости при температурах до минус 60°С.

При этом обеспечивается благоприятная форма валика со стороны разделки по сравнению с проволокой сплошного сечения, что минимизирует опасность появления зашлако-

вок между корневым и заполняющим слоем шва. Экспериментально установлена возможность получения надежного сплавления в зонах выполнения «замков» или зонах сопряжения с прихватками, а также в зонах смещения кромок. Указанный комплекс свойств этой проволоки обеспечивает также возможность качественного формирования корневого слоя шва с образованием обратного валика в любых пространственных положениях. Для качественного формирования корневого слоя шва не требуется, в отличие от импульсных технологий сварки сплошной проволокой, увеличивать зазор в стыке, что способствует снижению расхода сварочных материалов.

На рис. 1а показана форма корневого слоя шва, выполненного металлопорошковой проволокой (вид изнутри трубы). На рис. 1б – внешняя форма корневого слоя шва, а на рис. 1в – форма сварного шва при завышенном зазоре и смещении кромок в стыке.

Таким образом, применение металлопорошковой проволоки для сварки корневого слоя шва по сравнению с применяемой на магистральных трубопроводах технологии импульсно-дуговой сварки проволокой сплошного сечения обеспечило следующие преимущества:

- За счет более высокой эффективности плавления металлопорошковой проволоки увеличивается производительность процесса выполнения корневого слоя шва;
- Сварка может выполняться от обычных тиристорных или инверторных источников питания, от которых выполняются все слои кольцевого сварного шва. Не требуются дорогие импульсно-дуговые источники питания, которые применяются только для сварки корневого слоя шва;
- За счет большей проплавляющей способности стационарной дуги на металлопорошковой проволоке снижается склонность к образованию непроваров и несплавлений в корневом слое шва, уменьшается уровень дефектности;
- Все слои кольцевого шва труб могут выполняться с использованием одного типа сварочной проволоки (металлопорошковая проволока), и одного типа защитного газа – CO₂.

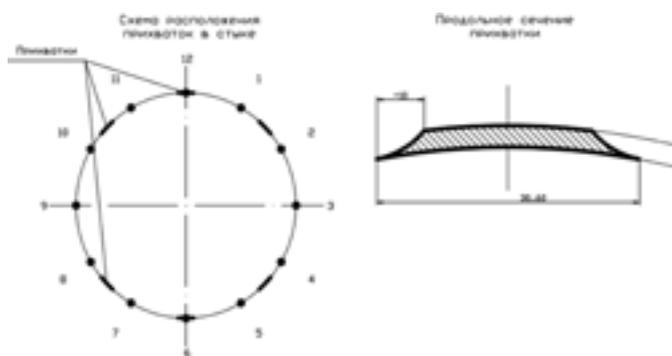


Рис. 2 Схема выполнения прихваток при сборке кольцевых стыков труб

- Механизированная сварка металлопорошковой проволокой позволяет выполнять сварные стыки с большими зазорами и смещениями кромок, которые неизбежны при выполнении захлестов или косых врезок. При этом достигается значительное повышение производительности по сравнению с ручной дуговой сваркой.
- Экспериментально установлена возможность получения бездефектного шва в зонах «замков», прихваток, а также при смещениях кромок до 3 мм.
- Бесшовная омедненная проволока Power Bridge 60M обеспечивает стабильно низкие значения содержания диффузионного водорода в металле шва (менее 5 см³/100 г), стойкость против атмосферной коррозии, что в целом обеспечивает более высокий уровень стойкости против пор и трещин в сварных швах, а также высокие показатели механических свойств.

Проблема механизации и автоматизации сварочных работ при монтаже технологических и городских трубопроводов решена нами за счет разработки новых технологий сварки, основанных на применении средств малой механизации и использования новых сварочных материалов.

Разработаны следующие технологии сварки неповоротных стыков технологических и городских трубопроводов:

1. Механизированная (полуавтоматическая) сварка кольцевых стыков трубопроводов металлопорошковой проволокой в углекислом газе.
2. Механизированная сварка трубопроводов с толщиной стенки более 6 мм, при которой корневой слой шва выполняется металлопорошковой проволокой, а заполняющие и облицовочный слои - рутиловой порошковой проволокой.
3. Комбинированная сварка неповоротных стыков трубопроводов диаметром больше 325 мм, с толщиной стенки больше 7 мм, при которой корневой слой шва выполняется механизированной сваркой металлопорошковой проволокой, а заполняющие и облицовочный слои — автоматизированной сваркой рутиловой порошковой проволокой, с использованием орбитальных кареток.

Технологические особенности механизированной сварки корневого слоя кольцевых стыков трубопроводов

При односторонней сварке трубопроводов для получения корневого слоя шва с полным проплавлением и формированием обратного валика применяется металлопорошко-

вая проволока в режиме короткой дуги высокой стабильности. Механизированная сварка должна выполняться на постоянном токе обратной полярности от инверторных или тиристорных источников питания, обеспечивающих стабильность процесса при напряжениях на дуге 14...15 В. Направление сварки – на спуск. Возбуждение дуги должно проводиться только на прихватках или свариваемых кромках. Для предотвращения образования пор, сварочную дугу до обрыва следует выводить на одну из свариваемых кромок. Сварку рекомендуется начинать в положении 00:00 ч и заканчивать в положении 06:00 ч. Начальный и конечный участок корневого слоя шва, выполненного первым сварщиком, следует обработать механическим способом для обеспечения плавного перехода при сварке корневого слоя шва вторым сварщиком.

Для механизированной сварки корневого слоя шва следует применять горелки с зауженными соплами (диаметром 10...12 мм). Для улучшения обзора зоны сварки следует применять удлиненные токосъемные наконечники горелки, которые могут выступать из сопла на расстояние до 6,0 мм.

Для обеспечения стабильной подачи защитного газа в зону сварки газовые баллоны следует оснастить редукторами с подогревателями, а при низких температурах они должны располагаться в утепленном помещении или подогреваться калорифером.

Закрепление кромок кольцевых стыков перед сваркой следует выполнять при помощи прихваток следующим образом (см. схему на рис. 2):

а) прихватки следует выполнять равномерно по периметру кольцевых стыков с шагом от 250 до 400 мм металлопорошковой проволокой. Длина прихваток должна составлять от 30 до 60 мм, а высота от 3 до 4 мм;

б) прихватки должны быть с полным проплавлением кромок и обратным валиком. Некачественные прихватки должны быть удалены и выполнены вновь;

в) начальный и конечный участок каждой прихватки должен быть обработан механическим способом в соответствии с рисунком 12.1 для обеспечения качественного формирования корневого слоя по всему периметру шва и получения полного проплавления шва в этих зонах;

г) при сборке неповоротных стыков прихватки должны быть выполнены в позициях 12:00 и 06:00 ч;

д) сварку прихваток выполнять по схеме сверху–вниз на режиме: скорость подачи проволоки от 2,8 до 4,0 м/мин, напряжение на дуге от 14 до 15В;

е) прихватки в нижнем положении следует выполнять при наклоне электрода от 45 до 60° с поперечными колебаниями по ширине зазора в стыке; в вертикальном положении - при наклоне электрода до 60° без колебаний; в потолочном положении - без наклона электрода с колебаниями 2...3 мм;

ж) прихватки должны иметь плоскую или вогнутую поверхность. Участки шва с выпуклой поверхностью и «карманами» должны быть зашлифованы в сопряжении с кромками.

При подготовке к сварке трубопроводов на открытых площадках необходимо в каждом конкретном случае обеспечить надежную защиту зоны сварки от осадков и ветра. Для этого применяют сварочные палатки, сварочные зонты, защитные рамки или ширмы, устанавливаемые непосредственно на



Рис. 3 Схема выполнения сварного стыка с толщиной стенки 12 мм

Сварка корневого прохода: металлпорошковая проволока ОК Tubrod 14.12 d1,2 мм

Защитный газ: 75% Ar+25% CO₂. Сварка заполняющих и облицовочных слоев шва: Порошковая проволока Filarc PZ 6113 или Supercored 71 d 1,2 мм Защитный газ: 75% Ar+25%CO₂

трубу в зоне сварки с помощью магнитов или других приспособлений.

Проведенные механические испытания контрольных сварных соединений, выполненных с использованием проволоки ОК Tubrod 14.12, Power Bridge 60M подтвердили высокий уровень ударной вязкости металла шва. На образцах с надрезом Шарпи при минус 20°C получены средние значения ударной вязкости 100 Дж/см², а на образцах с надрезом Менаже при минус 60°C – более 50 Дж/см².

Технология сварки неповоротных стыков трубопроводов металлпорошковой проволокой включена в нормативную документацию и внедрена при строительстве и ремонте газопроводов. Механизированная сварка вышеуказанным способом также может применяться для заварки дефектных участков шва при ремонте сварных соединений.

Технологические особенности механизированной сварки кольцевых стыков трубопроводов порошковой проволокой

На основе проведенных экспериментальных работ предложена технология механизированной сварки трубопроводов с толщиной стенки более 6мм, при которой корень шва сваривают металлпорошковой проволокой ОК Tubrod 14.12 или PowerBridge 60M, диаметром 1,2 мм, а заполняющие и облицовочные слои - рутиловой порошковой проволокой Filarc PZ 6113 или Supercored 71, диаметром 1,2 мм, в смеси защитных газов на основе аргона. Схема выполнения сварного стыка показана на рис. 3.

Отработанные режимы сварки позволили получить сварные стыки труб, как по внешней форме, так и по комплексу механических свойств, удовлетворяющих нормативным требованиям. На рис. 4 показаны сварные стыки труб, выполненные по предложенной технологии. Такая технология применена также при сварке запорно-регулирующей арматуры с переходными кольцами (рис. 5).

Механизированная сварка порошковой проволокой в смеси защитных газов впервые применена вместо ручной дуговой сварки при прокладке и ремонте городских газопроводов и их врезках. Технология обеспечивает увеличение производительности и качества сварки трубопроводов.

Разработанная технология может применяться в самых тяжелых условиях: в траншеях и котлованах, при повышенных зазорах и смещениях кромок, при сварке и ремонте старых труб, при различных климатических условиях (выполняя мероприятия по защите зоны сварки от дождя и сильного ветра).



Рис. 4 Внешний вид сварных стыков труб, выполненных механизированной сваркой порошковой проволокой

Рис. 5 Механизированная сварка запорно-регулирующей арматуры с переходными кольцами



Рис. 6 Механизированная сварка порошковой проволокой подземного газопровода

Сильный ветер, сквозняки, влажные кромки трубы или ржавчина на кромках приводят к образованию недопустимых дефектов в сварных швах. Для обеспечения требуемого качества сварного шва необходимо выполнять следующие мероприятия:

- Торец трубы закрыть заглушкой;
- Скорость истечения газа из сопла должна быть больше скорости ветра (регулируется расходом газа);
- Расстояние от сопла до сварочной ванны должно быть минимальным;
- Угол наклона горелки не более 15 градусов от нормали к поверхности;
- Применять ограждающие щитки или рамки на магнитах, закрепляемых в зоне сварки с наветренной стороны;
- Сварку вести в сварочной палатке;
- Перед сваркой кромки труб зачищать от следов коррозии и других загрязнений и выполнять просушку или подогрев кромок.

Разработанная технология механизированной сварки рутиловой порошковой проволокой также успешно применена при прокладке подземного газопровода диаметром 1200 x 16 мм (рис. 6).

Технология механизированной сварки неповоротных кольцевых стыков труб порошковой проволокой позволяет повысить производительность сварки в 2...3 раза по сравнению с ручной дуговой сваркой электродами при стабильно высоком качестве сварных соединений. На освоение такой технологии требуется, в среднем, значительно меньше времени, чем на освоение ручной дуговой сварки.

Автоматизированная сварка кольцевых стыков трубопроводов

Технология автоматизированной сварки основана на использовании металлопорошковой проволоки для сварки корневого слоя, а для заполняющих и облицовочных слоев - рутиловой порошковой проволоки. Сварка выполняется мобильным сварочным комплексом, состоящим из инверторного источника питания, сварочного полуавтомата и орбитальной каретки, на которую закрепляется горелка сварочного полуавтомата. Отказ от поперечных колебаний горелки в технологии автоматизированной сварки непово-

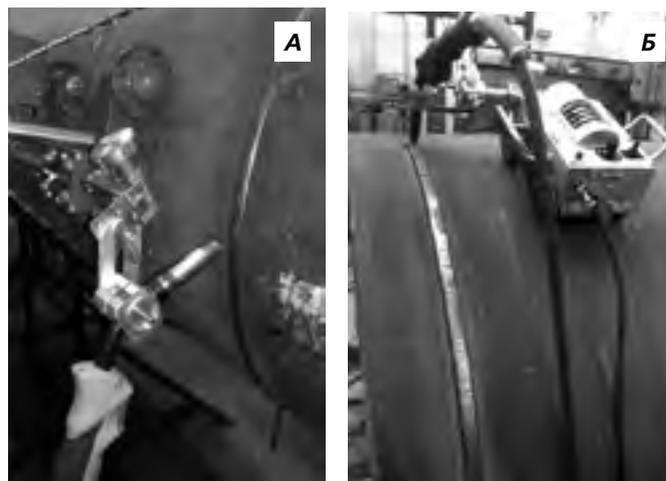


Рис. 7 Автоматизированная сварка неповоротных стыков труб а) - с использованием трубореза; б) - магнитной кареткой

ротных кольцевых стыков трубопроводов является революционным, это резко упрощает и удешевляет аппаратуру. Сварка выполняется полуавтоматами и простыми каретками. Для сварки можно использовать обычные труборезы или магнитные каретки. Схема закрепления горелки сварочного полуавтомата на труборезе и на магнитной каретке показана на рис. 7.

Выбранная модель магнитной каретки (рис. 7б и рис. 8) обеспечивает высокий уровень мобильности процесса и стабильности скорости перемещения в любых пространственных положениях. Конструкция магнитных колес позволяет использовать ее при резке и сварке труб диаметром от 159 мм. Требуемая для сварки точность перемещения горелки, в процессе сварки, обеспечивается при непосредственном закреплении каретки на теле трубы диаметром до 700 мм. Для сварки труб большего диаметра, а также для сварки изолированных труб, используются простые направляющие, изготавливаемые из стальной полосы толщиной 3 мм. Процесс сварки магнитной кареткой изолированных труб диаметром 1220 мм, с толщиной стенки 16 мм, показан на рис. 9.

Автоматизированная сварка неповоротных кольцевых стыков трубопроводов рутиловой порошковой проволокой (без поперечных колебаний электрода) рекомендуется для выполнения неповоротных стыков трубопроводов диаметром более 325 мм, с толщинами стенок более 7 мм. Оптимальный угол разделки кромок для автоматизированной сварки: 45 градусов.

Сварка корневого слоя шва, выполняется по схеме «сверху - вниз» - на спуск, а заполняющих и облицовочных слоев - на подъем или на спуск. В процессе сварки, с помощью пульта управления, оператор корректирует скорость сварки с учетом фактических параметров разделки кромок, а также положение горелки относительно свариваемых кромок.

Для сварки корневого слоя шва применяется металлопорошковая проволока ОК Tubrod 14.12 или Power Bridge 60M, диаметром 1,2 мм. Толщина корневого слоя должна быть в пределах 3...5 мм. Для выполнения заполняющих и облицовочных слоев - рутиловая порошковая проволока Filarc PZ 6113 или Supercored 71, диаметром 1,2 мм. Защитный газ: 75...80% аргона и 20...25% углекислого газа.



Рис. 8 Вид магнитной каретки снизу

Автоматизированная сварка неповоротных кольцевых стыков рутиловой порошковой проволокой (без поперечных колебаний электрода) выполняется по схеме сверху вниз или снизу вверх. Сварка снизу вверх обеспечивает более стабильное качество сварных швов и более проста в освоении технологии. При этом горелку устанавливают углом вперед на 7...10 градусов, скорость подачи электродной проволоки - 6...10 м/мин, напряжение на дуге - 23 ...25 В, а скорость сварки устанавливают такой, чтобы обеспечивалось надежное проплавление кромок и требуемое заполнение разделки.

При ширине раскрытия разделки кромок до 14 мм, каждый слой шва выполняется за один проход, а при большей ширине – за 2 прохода. Корректировка положения дуги в разделке кромок, а также при выполнении облицовочных слоев, обеспечивается поперечным корректором. Плавное сопряжение валиков шва при многопроходной сварке обеспечивается, если электрод смещается от оси соседнего валика на 3...4 мм.

Сварку соединений труб, деталей трубопроводов и запорной арматуры, диаметром свыше 500 мм, рекомендуется выполнять одновременно с двух сторон относительно вертикальной оси стыка, или чередовать выполнение слоев шва с левой и правой стороны стыка.

Выбранные режимы сварки рутиловой порошковой проволокой обеспечивают надежное качество сварных стыков и прекрасное формирование швов при ширине прохода до 18 мм. Выбранная аппаратура проста в эксплуатации, а технология легко осваивается сварщиками. Технология может быть успешно применена для сварки как прямых стыков труб, так и захлестов, сварки деталей трубопроводов и запорной арматуры.

Форма кольцевых сварных швов, выполненных по разработанной технологии автоматизированной сварки, показана на рис. 10 и рис. 11.

Технология автоматизированной сварки трубопроводов обеспечивает высокий уровень механических свойств сварных соединений. Вязкопластические характеристики металла сварного шва значительно превосходят свойства основного металла, что является залогом высокой стойкости к хрупким разрушениям и надежности сварных стыков



Рис. 9 Процесс сварки кольцевого стыка изолированных труб 1220x16 с помощью магнитной каретки

газопроводов. Полученные значения ударной вязкости превышают нормативные требования в 4...5 раз. Угол изгиба 180 град. Даже при специально проведенных испытаниях образцов, вырезанных из дефектных участков сварных стыков, получены высокие значения прочности и пластичности.

Разработанная технология автоматизированной сварки успешно внедрена при строительстве теплотрассы диаметром 530 ...920 мм и протяженностью 3 км в г. Пенза. На фото рис. 12 представлены средства малой механизации для сборки и сварки трубопровода, а на рис. 13 – внешний вид сварного стыка теплотрассы, выполненного на эстакаде по разработанной технологии автоматизированной сварки порошковой проволокой.

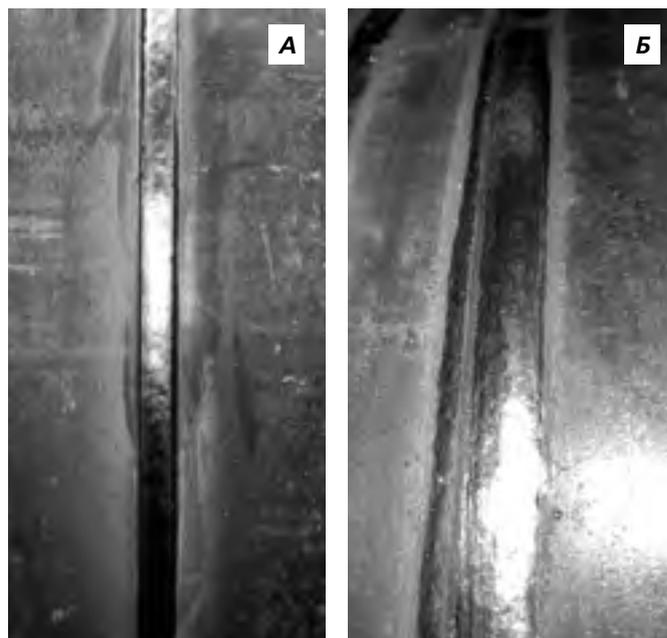


Рис. 10 Форма сварного шва труб, выполненного автоматизированной сваркой рутиловой порошковой проволокой без поперечных колебаний горелки
а) - заполняющий слой;
б) - облицовочный слой



Рис. 11 Вид кольцевого сварного шва с самоотделяющейся в процессе автоматизированной сварки шлаковой коркой

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что при сварке металлопорошковой проволокой в углекислом газе обеспечивается высокая стабильность горения дуги, глубокое проплавление и возможность качественного формирования шва во всех пространственных положениях, включая корневой слой шва.
2. Разработана технология механизированной и автоматизированной сварки неповоротных стыковых соединений трубопроводов, при которой корень шва сваривают металлопорошковой проволокой, а заполняющие и облицовочные слои - рутиловой порошковой проволокой в смеси защитных газов на основе аргона.
3. Механические свойства сварных соединений труб, выполненных по разработанным технологиям механизированной и автоматизированной сварки удовлетворяет нормативным требованиям.
4. Отличительной особенностью разработанной технологии автоматизированной сварки трубопроводов порошковой проволокой является простота оборудования и самого процесса сварки. Выбраны сварочные материалы, техника и режимы сварки, которые с использованием средств малой механизации, без поперечных колебаний сварочной горелки, обеспечивают высокую производительность сварки и требуемое качество сварных соединений.

Литература:

1. Технологические особенности выполнения различных слоев шва при автоматической сварке трубопроводов. Карасев М.В., Дорошенко Ф.Е. и др. // Сварка и диагностика. 2014 г. № 6.



Рис. 12 Сборка и сварка теплотрассы в полевых условиях с использованием магнитной каретки

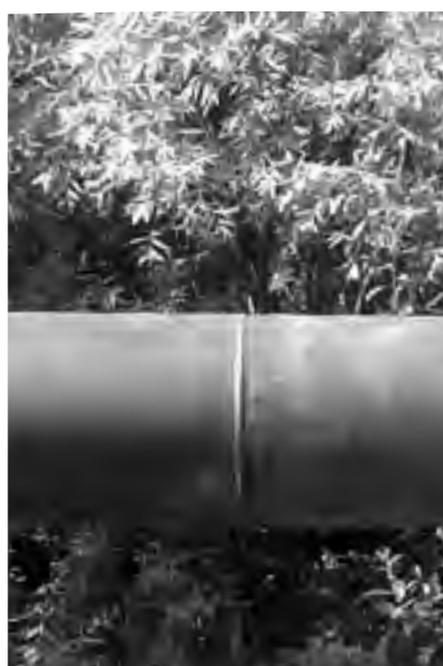


Рис. 13 Внешний вид сварного шва теплотрассы диаметром 530 мм, выполненного на эстакаде с использованием магнитной каретки

ВОПРОСЫ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ОСНОВАНИЙ СООРУЖЕНИЙ НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ (ВЕЧНОМЁРЗЛЫХ) ГРУНТАХ

к.т.н. Горностаев А.В.

Краткий экскурс

В последнее время строительство сооружений в районах распространения многолетнемерзлых (вечномерзлых) грунтов ведётся, как правило, с использованием сезоннодействующих охлаждающих устройств (СОУ), термостабилизаторов, систем «ГЕТ» и «ВЕТ», позволяющих в зимний период заморозить талые и понизить температуру пластичномёрзлых грунтов. Накоплен большой опыт их изготовления, транспортировки и монтажа на строительных площадках.

По мере их освоения в практике строительства назывались они по-разному: СОУ, термоустановки, охлаждающие трубки, термостабилизаторы и пр. В последнее время у проектировщиков и строителей укоренилось название – термостабилизаторы.

В начальный период их освоения на территории России использовались жидкостные однострунные и двухтрубные металлические устройства конструкции Гапеева С. И.[1], которые заправлялись однофазными жидкими хладоносителями,

например керосином, дизельным топливом или антифризом. Работают устройства при атмосферном давлении. Они погружались в предварительно пробуренные скважины с диаметром на 4-5 см большим, чем максимальный диаметр устройства. Часть устройства возвышалась над поверхностью грунта на 25-30% длины. Затрубное пространство между стенкой скважины и стенками термостабилизаторов заполнялось грунтовым раствором.

В зимний период, в выступающей части устройства над поверхностью грунта, плотность хладоносителя повышается, за счет его охлаждения, и охлажденная часть опускается вниз, вытесняя наверх более лёгкие нижние слои. Таким образом, создаётся циркуляция хладоносителя. Циркулирующая жидкость охлаждает стенки трубы, отбирает тепло от примыкающего к внешней стенке грунта и выносит на выступающую часть устройства, от которой тепло передаётся в атмосферу. За зимний период вокруг однострунных устройств из металлических труб диаметром 159-219 мм намораживается грунт в радиусе

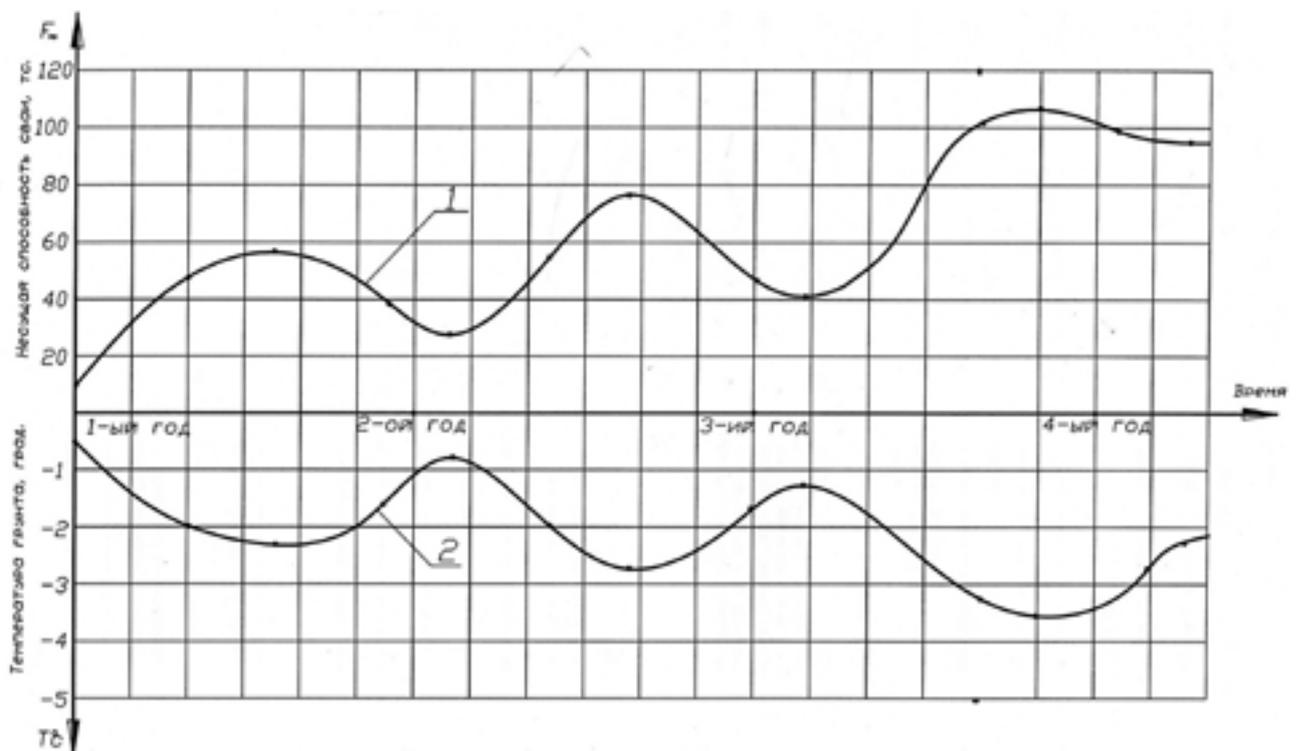


РИС. 1 Графики изменения температуры грунтов и несущей способности сваи в подполье

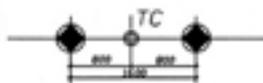


Схема расположения сваи и термометрической скважины (ТС)

1- Несущая способность сваи

2-Эквивалентная температура грунта вокруг сваи

1,1÷13 м. Теплосъём жидкостных устройств по исследованиям Бучко Н.А. [2] составляет 40-60 Вт/м² подземной части поверхности трубы. Жидкостные установки для охлаждения и промораживания грунта просты по конструкции и достаточно надёжны в эксплуатации. На строительной площадке они устанавливаются только вертикально. Недостатком их является большая металлоёмкость. Для их установки в грунт требуется бурение скважин диаметром не менее 180-200 мм. В связи с высокой стоимостью жидкостные термостабилизаторы не получили широкого использования.

Парожидкостные термостабилизаторы типа Лонга меньше диаметром (25-57 мм) и более производительны.

Парожидкостные термостабилизаторы представляют собой герметичную тепловую трубу гравитационного типа, внутри которой происходят процессы испарения-конденсации рабочей жидкости – хладоносителя. В качестве хладоносителя используется аммиак, пропан, фреон-12, фреон-22, углекислота.

Герметичная труба разделена на испарительную часть, которая погружена в грунт в пробуренную скважину, и конденсаторную часть, выступающую над поверхностью грунта. Конденсаторная часть снабжается оребрением, для уменьшения выступающей над поверхностью грунта частью и повышения теплоотдачи в атмосферу.

Внешние диаметры парожидкостных термостабилизаторов $D=32-57$ мм;

Теплосъём из грунта парожидкостных [2] термостабилизаторов составляет $q=80-110$ Вт/м².

Парожидкостные термостабилизаторы находятся под давлением рабочей жидкости при температуре окружающего воздуха. Особое внимание при изготовлении термостабилизаторов должно быть уделено их герметичности. Утечка хладоносителя недопустима. Термостабилизаторы на строительной площадке могут устанавливаться вертикально, наклонно под углом к вертикали, в слабонаклонном положении и почти горизонтально.

Применяются они на строительстве объектов нефтегазоконденсатных месторождениях: севера Тюменской области, Сибири и Дальнего Востока, Ванкорском, Бованенковском, Чаyndинском, Варандейском, Мессояхском, и др., а также в г. Салехарде, Лабитнанги, Воркуте, Норильске, Анадыре, на нефтепроводе Восточная Сибирь – Тихий Океан и др. [5-9]

Строительство крупных объектов (многоэтажных кирпичных домов, заводских корпусов и др.) в условиях крайнего севера ведётся не один год. Нагрузки на свайное поле возрастают по мере возведения сооружения. Установленные на объектах термостабилизаторы позволяли в течение одного зимнего сезона заморозить талые грунты и понизить температуру пластичномёрзлых грунтов до твёрдомёрзлого состояния. Соответственно, проектные организации (Норильскпроект, Печорниипроект, Фундаментпроект, ВНИПИГаздобыча, ЮЖНИИ-ГИПРОгаз, ВНИИГАЗ и др.) учитывали новое твёрдомёрзлое состояние грунтов основания при выполнении проектов оснований и фундаментов, расчётов параметров фундаментов. При устройстве свайных фундаментов на площадках с наличием пластичномёрзлых грунтов и прослоек талых грунтов, предварительное охлаждение и замораживание грунтов в зимний период проводилось продувкой рабочих скважин холодным воздухом. По периметру зданий и по площади в подполье производилась установка термостабилизаторов.

Таким способом были подготовлены грунты основания при возведении многих кирпичных и крупнопанельных домов в городах Норильск, Воркута, Надым, Салехард, Лабитнанги, Анадырь, Каеркан, Талнах и др.

Термостабилизаторы изготавливались и устанавливались на строительных площадках проектно-испытательскими и научно-исследовательскими институтами: Норильскпроект (г. Норильск), ВНИИГАЗ (Московская обл.), Печорниипроект (г. Воркута), Фундаментпроект (г. Москва). Наблюдения за работой термостабилизаторов на эксплуатируемых городских объектах осуществлялось специальной мерзлотной службой и мерзлотными станциями.

Современное строительство на вечномёрзлых грунтах

1. Строительство зданий и сооружений с проветриваемым подпольем

В последние 20-25 лет в северных районах строятся очень мало капитальных зданий и сооружений. В основном ведётся строительство одно-двухэтажных сооружений на площадках нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений. Срок службы сооружений определяется 25-30 годами. Практически, это временные сооружения.

Строятся компрессорные и насосные станции, на площадках обустройства месторождений, прокладываются трубопроводы нефти и газа. География строительства сооружений нефтегазовых комплексов, включая трубопроводов нефти и газа, обширна. Строительство указанных сооружений ведётся круглогодично. Темпы строительства настолько высоки, что большие комплексы, как УКПГ (укрупнённые пункты подготовки газа), НС (насосная станция по перекачке газа и нефти), нефтехранилища и др. строятся в течение 3-4 месяца.

Технология строительства на площадках строительства нефтегазовых сооружений следующая:

- в зимний период площадку строительства очищают от снега и производят общеплощадную отсыпку непучинистым грунтом (песок с содержанием глинистых частиц не более 5%, гравелисто-песчаный грунт) с послойным уплотнением помощью пневматических катков. Минимальная высота отсыпки не менее $h=1-1,2$ м
- в летний период общеплощадную отсыпку насыпи производят пионерным способом без нарушения мохорастительного покрова;
- под отдельно стоящие здания и сооружения выполняется дополнительная отсыпка высотой $h=0,5-1,0$ м, также непучинистым грунтом.

Практически все здания на объектах в металлическом каркасном исполнении. Нагрузки от каркаса здания передаются на фундаменты посредством металлических ростверков на фундаментах из металлических свай. Сваи изготавливаются из труб диаметрами от 159 мм до 720 мм. Сваи, как правило, бурозабивные или буроопускные, погружаемые в предварительно пробуренные скважины в массиве грунта. Одновременно с устройством свайных фундаментов, или после их устройства, погружаются вертикальные, наклонные, или укладываются слабонаклонные термостабилизаторы и охлаждающие системы. Далее выполняется ростверки, монтируется каркас здания, навешиваются ограждающие конструкции стен, перегородки, кровля.

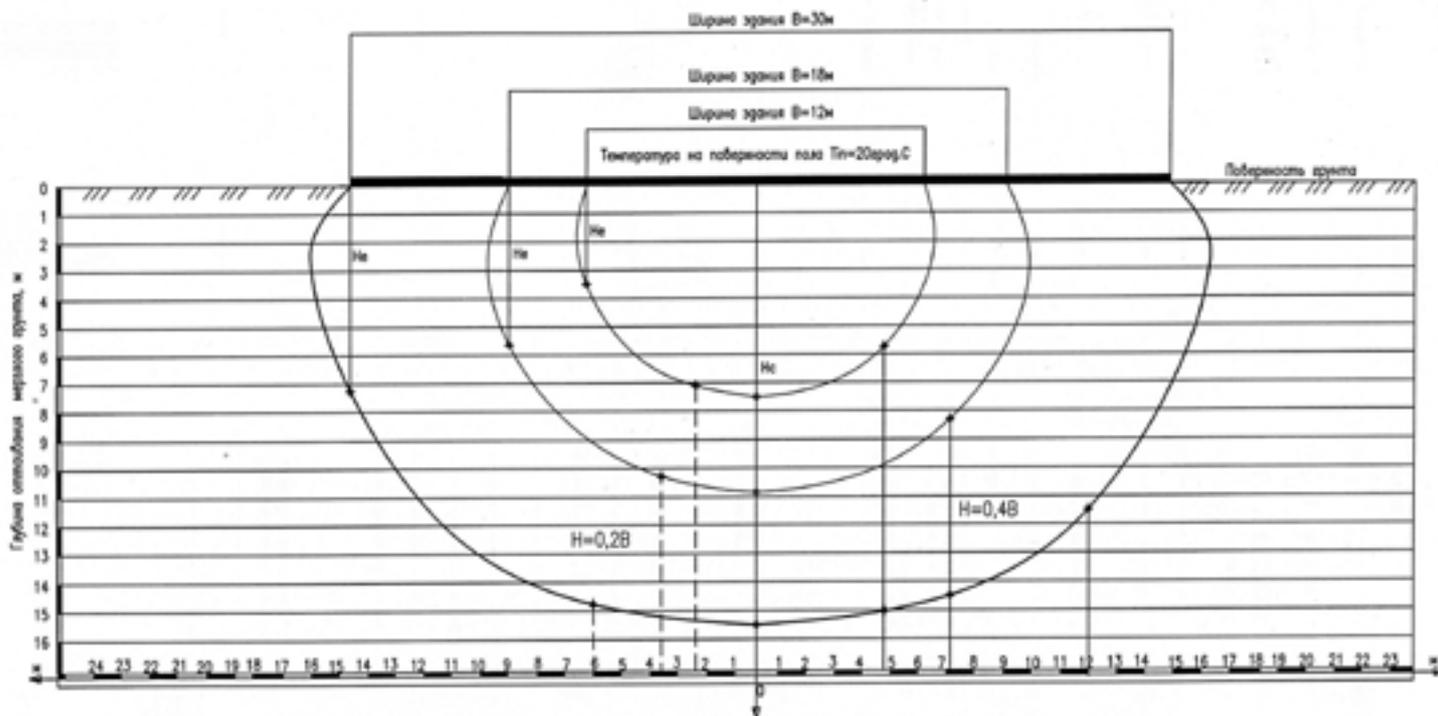


Рис. 2
 Часы оттаивания грунтов оснований под таляемыми сооружениями с полами по грунту + Координаты точек на кривой оттаивания

Активный период зимней работы термостабилизаторов длится с середины-ноября до конца марта следующего года [5]. В зависимости климатических условий района продолжительность составляет 4-6 месяцев. В этот период, с помощью термостабилизаторов происходит замораживание или охлаждение грунтов основания. Так как работы производятся круглогодично, не всегда представляется возможным использовать эффект от заморозки грунтов основания, с точки зрения повышения несущей способности свай. Поэтому, все проектные организации, занимающиеся проектированием оснований и фундаментов сооружений на вечномерзлых грунтах, разрабатывают проекты свайных фундаментов без учёта будущего охлаждения и замораживания грунтов оснований. Для зданий и сооружений с проветриваемым подпольем, и сооружений с полами по грунту, строящихся по принципу 1, несущая способность свай рассчитываются по фактическим материалам на период мерзлотных инженерно-геологических изысканий, с учётом всех видов расчетных нагрузок, без замораживания и охлаждения. То есть, устойчивость здания на все расчётные нагрузки уже обеспечена, с учётом всех коэффициентов надёжности основания по грунту, согласно нормативным документам [3, 4]

В процессе эксплуатации сооружений с проветриваемым подпольем, только за первый год, происходит понижение температур грунтов основания. На рис. 1 приведены графики изменения температуры грунтов в проветриваемом подполье жилого дома в г. Норильске. Замеры температур производились залезивленными термометрами в скважине, расположенной между сваями. Как видно из графиков, в течение 4-х сезонов температура грунта понизилась с минус 0,5°C до минус 2,1°C.

2. Строительство сооружений с полами по грунту

Большой интерес представляют строительство оснований и фундаментов сооружений с полами по грунту, которые строятся без проветриваемого подполья.

Нормативные документы [3,4], при строительстве сооружений, не регламентируют рамки использования проветриваемого подполья ни по ширине сооружения, ни по степени тепловыделения здания.

Практика показывает, что экономически целесообразно возводить с полами по грунту без проветриваемого подполья такие сооружения как:

- здания и сооружения шириной более 18-20 м
- резервуары емкостью от 5000 м³ до 100000 м³;
- амбары для сбора и временного хранения нефтепродуктов и полигоны твердых бытовых отходов (ТБО);
- высокотемпературные сооружения, с температурами внутри выше 100°C;
- насыпи железных и автомобильных дорог;
- создание противодиффузионных завес;
- создание противооползневых защитных сооружений

При этом, для сохранения грунтов основания в вечномерзлом состоянии, рациональным является способ применения слабонаклонных и горизонтальных сезонно-действующих охлаждающих устройств (СОУ) термостабилизаторов, уложенных в насыпи под зданием.

Для поддержания нормативных значений температур на поверхности пола используется высокоэффективная теплоизоляция из современных теплоизоляционных материалов:

- «Пеноплекс» тип 35 и тип 45, с коэффициентом теплопроводности $\lambda=0,028-0,03$ Вт/м.К;

- экструдированный полистирол марки «Стиродур» с коэффициентом теплопроводности $\lambda=0,025-0,033$ Вт/м.К.

Слои теплоизоляции укладываются над наклонной или горизонтальной охлаждающей системой.

Слабонаклонные индивидуальные термостабилизаторы, имеющие испаритель в грунте длиной до 50 м и вертикальный конденсатор над поверхностью грунта, изготавливаются ООО «НПО»Север» г. Москва, ОАО «Фундаментпроект» г. Москва.

Системы, названные «ГЕТ» (горизонтальная естественно-действующая трубчатая), и «ВЕТ» (вертикальная естественно-действующая трубчатая) проектируются, изготавливаются, транспортируются, монтируются и обслуживаются фирмой ООО «Фундаментстройаркос» г. Тюмень.

Охлаждающая система «ГЕТ», состоит из размещенных в насыпи под теплоизоляцией только горизонтальных охлаждающих (испарительных) и соединительных труб, выполненных из стальных труб $D=33,7$ мм и полиэтиленовых труб диаметром 32 мм, конденсаторного блока с ускорителем циркуляции (сепаратором), разделяющим потоки жидкой паровой фаз и гидравлического затвора. Длина охлаждающих труб составляет от 300 м до 500 м.

Система «ВЕТ» дополняет систему «ГЕТ» вертикальными охлаждающими трубами для замораживания массива грунта под сооружением.

Системы заправляются необходимым количеством хладагента для заполнения охлаждающих и соединительных труб.

Конденсаторный блок предназначен для конденсации паров хладагента и перекачки его по системе за счет гравитационных сил. Гидрозатвор обеспечивает одностороннее движение хладоносителя в системе.

В зимний период за счёт отбора тепла от окружающего грунта, происходит кипение хладагента, и перемещение образовавшейся парожидкостной смеси по соединительным и охлаждающим трубам. Пар поступает в конденсаторный блок, расположенный за пределами сооружения, отдаёт тепло наружному воздуху, превращается в жидкость и вновь поступает в охлаждающие трубы. Таким образом, осуществляется прямой термодинамический цикл, в процессе которого тепло от грунтов основания передается наружному воздуху и происходит аккумулялирование зимнего холода в грунте. В летний период работа системы автоматически прекращается, т.к. температура наружного воздуха становится выше температуры грунта в зоне размещения охлаждающих трубок.

Величина теплоизоляции рассчитывается таким образом, чтобы не допустить оттаивание грунтов под теплоизоляцией на конец летнего периода и выдержать нормативный температурный режим на поверхности пола.

Теплофизические расчёты показывают, что для зданий и сооружений шириной до 18 м, и с температурами на поверхности пола до $+15^{\circ}\text{C}$ нет необходимости выполнять сезонно-действующие охлаждающие системы, т.е. термостабилизаторы. Достаточно выполнить слой теплоизоляции из высокоэффективных теплоизоляционных материалов, указанных выше.

Ниже приводятся теплофизические расчёты, результаты которых подтверждают, что необходимо рационально подходить к выбору способа сохранения грунтов основания в многолетнемерзлом (вечномерзлом) состоянии.

3. Расчет координат чаши оттаивания мёрзлого грунта под зданиями различной ширины и подбор толщины теплоизоляции

Рассчитаем глубину оттаивания многолетнемерзлых грунтов в основании отапливаемого производственного здания с полами по грунту.

Ширина здания: $B_1=12$ м; $B_2=18$ м; $B=30$ м. Строительство ведётся в районе распространения многолетнемерзлых грунтов с расчётной среднегодовой температурой $T_0=-1,2^{\circ}\text{C}$.

Здание отапливаемое с температурой $T_{in}=+20^{\circ}\text{C}$.

В основании здания однородные супесчаные грунты.

Используем решение Порхаева Г.В. [6], рекомендуемое для расчёта в приложении №8 к СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» [3.4].

Глубина оттаивания под сооружением во времени определяется по формулам:

$$H_c = k_n (\xi_c - k_c) B \text{ - под серединой сооружения (1)}$$

$$H_{c1} = k_{n1} (\xi_{c1} - k_{c1}) \times B \text{ - на расстоянии } 0,2B \text{ от центра (2)}$$

$$H_{e2} = k_{n2} (\xi_{e2} - e - 0,1\beta\sqrt{\psi}) B \text{ - на расстоянии } 0,4B \text{ от центра (3)}$$

$$H_e = k_n (\xi_e - k_e - 0,1\beta\sqrt{\psi}) B \text{ - под краями сооружения (4)}$$

$$\text{Значения: } \alpha = \lambda_{th} R_0 / B \text{ (5)}$$

$$\beta = \lambda_f (T_0 - T_{bf}) / \lambda_{th} (T_{in} - T_{bf}) \text{ (6)}$$

$$\psi = \lambda_{th} T_{int} / L_v B^2 \text{ (7)}$$

Теплофизические характеристики супесчаных грунтов основания:

- коэффициент теплопроводности в талом состоянии $\lambda_{th}=1,62$ Вт/м. $^{\circ}\text{C}$;

Таблица №1

№п/п	В-ширина L-длина, м.	Температура поверхности T_{in} пола, $^{\circ}\text{C}$	Толщина теплоизоляции пола, δ см	Глубина оттаивания грунта под сооружением, м			
				под серединой H_c	на расстоянии $0,25B$ H_{c1}	на расстоянии $0,4B$ H_{e2}	под краями H_e
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$B=12$ м $L=36$ м	$T_{in}=+20^{\circ}\text{C}$.	$\delta=10$ см;	7,5	6,7	5,75	3,5
2	$B=18$ м $L=54$ м	$T_{in}=+20^{\circ}\text{C}$.	$\delta=10$ см;	10,9	10,0	8,2	5,7
3	$B=30$ м $L=96$ м	$T_{in}=+20^{\circ}\text{C}$.	$\delta=10$ см;	15,5	11,5	9,7	7,2

Таблица №2 Требуемая толщина эффективной теплоизоляции без устройства термостабилизаторов

№п/п	Ширина сооружения, м		
	В=12 м	В=18 м	В=30 м
1	$H_c=7,5$ м	$H_c=10,9$ м	$H_c=15,5$ м
Требуемая толщина теплоизоляции $\delta_{из}$, м			
2	$\delta_{из}=0,24$ м	$\delta_{из}=0,30$ м	$\delta_{из}=0,4$ м

- коэффициент теплопроводности в мёрзлом состоянии $\lambda_f=1.74$ Вт/м. °С;
- плотность сухого грунта $\rho_1=1.6$ т/м³;
- температура начала замерзания влаги в грунте $T_{bf}=-0,3$ °С;
- суммарная влажность $w_{tot}=0.23$
- влажность мёрзлого грунта за счёт незамёрзшей воды $w_w=0.03$

Теплоизоляция пола выполняется из высокоэффективных теплоизоляционных материалов типа: слой «Пеноплекса» толщиной $\delta_1=10$ см; с коэффициентом теплопроводности $\lambda=0,003$ Вт/м.К

Термическим сопротивлением слоя теплоизоляции: $R_1=0,1/0,03=3.33$ м² °С/Вт

Расчёт произведём для времени эксплуатации: $t=20$ лет

Результаты расчётов чаши оттаивания под сооружением различной ширины приведены в таблице №1 и рис. №2.

Наибольшая глубина оттаивания многолетнемерзлого (вечномерзлого) грунта при заданных начальных и граничных условиях происходит под серединой сооружения.

Используя известное соотношение эквивалентной толщи оттаянного грунта и высокоэффективной теплоизоляции, рассчитаем её толщину ($\delta_{из}$) под сооружениями, которая по-

зволяет исключить оттаивание мёрзлого грунта без использования трубчатой охлаждающей системы по формуле:

$$\delta_{из}=(H_c \times \lambda_{из} / \lambda_{th}) + 0,1 \quad (8)$$

где:

$\lambda_{th}=1.62$ Вт/м. °С; -коэффициент оттаявшего грунта;

$\lambda_{из}=0,03$ Вт/м. °С -коэффициент теплопроводности теплоизоляции

H_c - глубина оттаивания, м - значения из таблицы №1

Величина «0,1м»-толщина теплоизоляции принятая при первичном расчёте, см. таблицу №1

$$\delta_{из}=H_c \times 0,03 / 1,62 = 0,0185 H_c + 0,1 \quad (9)$$

Литература:

1. Гапеев С.И. Укрепление мёрзлых оснований охлаждением. Стройиздат, 1969 г.
2. Н.А. Бучко, В.А. Турчина. Искусственное замораживание грунтов. Обзор, М. Информэнерго, 1978 г.
3. СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах.
4. СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах.
5. Рекомендации по проектированию и устройству парожидкостных охлаждающих установок при строительстве в суровых климатических условиях. НИИОСП, М., 1977, 50 с.
6. Справочник по строительству на вечномерзлых грунтах. Л. Стройиздат 1977 г.
7. Вялов С.С. Термосваи в строительстве на Севере, Л. Стройиздат, 1984 г.
8. Горностаев А.В. Эффективность работы и надёжность сезондействующих парожидкостных охлаждающих устройств. М. Монтажные и специальные работы в строительстве, 1998 г
9. «Термосваи в строительстве на севере. Под редакцией Вялова С.С», Александров Ю.А., Вялов С.С., Городецкий С.Э., Хрусталев Л.Н. Стройиздат, 1983 г, Ленинград.

Уважаемые читатели!

Если Вы обладаете знаниями и опытом, которыми можете дополнить заинтересовавшие Вас материалы журнала, то предлагаем Вам поделиться ими.

При этом не опасайтесь раскрыть свои фирменные секреты, делать это вовсе не обязательно. Вполне достаточно показать общий механизм работы, и продемонстрировать свои возможности.

Станьте автором статей – возможно, этим Вы расширите свой круг единомышленников.

Ждем Ваших писем на адрес электронной почты **mcc-work@mail.ru**.

Мы с удовольствием ведём в переписку с авторами



С уважением,
редакция журнала

**МОНТАЖНЫЕ
И СПЕЦИАЛЬНЫЕ
РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Производственный опыт

ХИРУРГИЯ СТАЛЬНЫХ ГИГАНТОВ

Васильев Константин



В июне 2016 года на Уфимском НПЗ ПАО «АНК «Башнефть» завершили уникальные работы по замене регенератора Р-202 установки каталитического крекинга Г-43-107/М1. За все работы, по демонтажу старого реактора, отработавшего свой ресурс, и монтажу нового, отвечало ООО «Уфа-1 ВНЗМ» – дочернее предприятие ПАО «ВНЗМ».

В этой статье мы поделились обзором этапов выполнения проекта.

ПАО АНК «Башнефть» – одна из наиболее динамично развивающихся вертикально-интегрированных нефтяных компаний России является давним партнером компании ПАО «ВНЗМ». С самого начала компания «Востокнефтезаводмонтаж» участвовала в строительстве крупнейшего в Европе комплекса нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов, находящегося на территории Башкортостана, объединенного в настоящее время в компанию ПАО «АНК «Башнефть» (заводы УНПЗ, НУНПЗ, УНХ). В настоящее время ПАО «АК ВНЗМ» продолжает тесно сотрудничать с компанией «Башнефть» как по строительству новых объектов, так и по капремонту и реконструкции действующих производств, и выполняет на объектах компании более 25% объемов работ.

Уникальность работ обусловлена, прежде всего, стесненностью пространства, в котором с хирургической точностью пришлось выполнять как демонтаж, так и монтаж «Р-202». Это касается как площадки, расположенной на территории нефтеперерабатывающего завода, так и самой установки крекинга – при колоссальных размерах, её части расположены очень компактно и размещены на сравнительно малой площади. Заменяемый регенератор, весом более 600 тонн, является частью этой установки и находится в её «сердце».

Помимо этого, заказчик работ строго регламентировал сроки, так как каждый день простоя установки обходится около 30 млн. рублей недополученной прибыли.

В общих чертах, задача ПАО «АК ВНЗМ» выглядела следующим образом:

- разработать и согласовать с заказчиком проект;
- подготовить площадку, необходимую грузоподъемную технику, технологическую оснастку;
- доставить новый регенератор на площадку - он поступает в разобранном виде (верхняя и нижняя часть, плюс начинка);
- установить внутри верхней части нового регенератора 6 пар циклонов (всего 12 крупных элементов);
- демонтировать старый регенератор;
- «выдернуть» старый регенератор изнутри установки;
- поместить части нового регенератора внутри установки и смонтировать между собой;
- подсоединить новый регенератор к установке крекинга.

Задачи осложнялись приличной высотой монтажа - верхняя часть регенератора устанавливается на отметке 80 метров, серьезными весами - при больших вылетах стрелы крана на пределе грузоподъемности, и огромными габаритами – диаметр и высота каждой части регенератора 11,5 и 13 метров соответственно.

Как поясняет Дмитрий Владимирович Попов, главный технолог ПАО «АК ВНЗМ»:

«В стране только единицы организаций способны осуществить подобные работы. Если монтаж колон из нескольких



Фото 1. Оборудование прибыло из Китая. Оно было доставлено в Уфу из порта Новороссийска водно-речным транспортом в межнавигационный период



Фото 2. Нижняя часть регенератора поступила в горизонтальном положении. Её требовалось поставить вертикально



Фото 3. Конструкция поднимается домкратами, затем под неё загоняется модульная гидравлическая тележка



Фото 4. Спаренные тележки на специально построенном причале для разгрузки баржи

блоков на НПЗ – это практически рядовая для нас работа, выполняемая, в среднем, до 3 раз в год, то замена регенератора возникает раз в 15 лет».

Этап подготовки занял около одного года, начиная с разработки вариантов строительной части, проекта площадки, проекта монтажа и т.п., выполненных ОСП «Проектный институт ВНЗМ» и Проектно-технологическим отделом ВНЗМ. Подготовительные работы на площадке начались 24-25 апреля. 5 мая установка крекинга была передана заказчиком на демонтаж регенератора, началось срезание труб катализатора.

Обе части регенератора прибыли из Китая по реке на барже (Фото 1). Все работы по разгрузке и доставке регенератора до монтажной площадки выполнил субподрядчик, логистическая компания «Белуга Проджектс Лоджистик» — ведущий российский эксперт в сфере негабаритных и тяжеловесных перевозок.

Учитывая вес и габариты конструкций, был спроектирован и оборудован специальный причал для разгрузки баржи. После того как части регенератора выгрузили на причал (Фото 2), каждую поднимали системой домкратов (Фото 3), затем под них загоняли спаренные модульные транспортные тележки (Фото 4), и отправляли в путь до НПЗ.

Препятствий в виде эстакад на территории НПЗ преодолевались различными способами. Например, через эстакады, где груз не проходил по высоте, приходилось «перекидывать» конструкцию с помощью домкратных систем (Фото 5). В другом случае, когда высота эстакады позволяла пройти снизу, «минусовав» высоту транспорта, использовались специальные скользящие фторопластовые пластины - конструкцию по ним перемещали «волоком» (Фото 6).

Добавило работы то, что нижняя часть регенератора поступила в горизонтальном положении, и её следовало поставить вертикально. Кантовка подобных грузов нетривиальная



Фото 5. Преодоление эстакады на территории УНПЗ с помощью домкратных систем



Фото 6. Система горизонтального скольжения, скользящие фторопластовые пластины

задача из-за большого габарита и веса, при низкой жесткости конструкции – существует угроза деформирования от прилагаемых нагрузок. Было спроектировано 2 варианта кантовки. Работу выполнили при помощи двух кранов.

По плану работ и верхняя, и нижняя части поступают на площадку пустыми, для дальнейшей доработки (Фото 7) и укрупнения. Все устройства (12 циклонов) нужно было предварительно смонтировать внутри верхней части регенератора прямо на площадке.

Но здесь возникли непредвиденные осложнения. Качество футеровки всех 12 циклонов, пришедших следом, не прошло входной контроль заказчика. Заказчиком было принято решение их отремонтировать, что было поручено ВЗМ. Причем, этот немалый дополнительный объем работ никак не должен был увеличить сроки сдачи всего объекта.

Это значит полностью сбить футеровку каждого циклона, срезать нержавеющую сетку, зачистить, сварить новую сетку и сделать новую футеровку. Для срочной помощи было привлечено 8 местных строительно-монтажных организаций. Заказчик определил сроки 15-16 мая, то есть закончить циклоны к моменту демонтажа верхней части старого регенератора. Эта работа была выполнена в срок, за 1 месяц.

Циклоны монтируются внутри верхней части регенератора. Для этого был спроектирован и изготовлен специальный стапель (Фото 8). Предварительно, все 12 циклонов устанавливаются на этот стапель по «револьверному» принципу. Затем, весь этот «заряженный барабан» накрывается сверху колпаком верхней части регенератора. Чтобы обеспечить доступ внутрь, с низу оставили 2 метра пространства до земли.



Фото 7. Приваривание анкеров. На верхнем куполе Р-202 их должно быть 11 тысяч штук, на нижнем – 12 тысяч. Непосредственно на объекте трудится 47 человек, из них 9 – сварщиков.

Затем специалисты приступили к монтажу. Учитывая необходимость выдержать точную геометрию при крайне стесненных условиях (Фото 9) – это очень сложная и ответственная ручная работа. Циклоны, один за другим, поднимались к месту подсоединения ручными лебедками, подтягивались на место, точно выставлялись, пары стыковались между собой, затем приваривались (Фото 10). После этого все торкретировалось.

В качестве примера, приведем выдержку из ППРк на производство работ по установке циклонов в куполе верхнего блока регенератора:

«Произвести установку циклонов 1-ой и 2-ой ступени в монтажное положение (подтягиваются на высоту ~100 мм со стапеля) внутри купола верхнего блока регенератора Р-202 МВ на примере циклонов Ц-I, Ц-II. Работы вести таями поз. 6, оттягивание низа циклонов привести лебедкой поз. 8. Доступ к месту расстроповки и монтажа с деревянного щита, инвентарных лестниц, вышки-тур, люк-лаз Ж2 и проектные площадки циклонов I-ой ступени.

1. Произвести установку циклонов 2-ой ступени Ц-II. Патрубки циклонов монтируются отдельно, после закрепления циклона, с помощью тали 17.

- *Подвесить таль 6 через скобу 7 (см. схему подвески тали узел Б) на проектную серьгу, при необходимости для подачи тали 6 использовать таль 17.*
- *Застропить циклон 2-ой ступени Ц-II на крюк тали 6 согласно схемы строповки. Работой тали 6 произвести натяжку стропов, проверить состояние такелажной оснастки.*



Фото 8. Новая верхняя часть, установлена на стапели для монтажа циклонов

- Подъемом крюка тали 6, оттягивая, при необходимости, низ циклона лебедкой 8, завести патрубок циклона в сборную камеру, подать циклон в проектное положение. Выверить. Закрепить. Расстропить. Срезать сухари. Аналогично смонтировать остальные циклоны 2-ой ступени, по мере монтажа устанавливать горизонтальные связи циклонов.

2. Произвести установку циклонов 1-ой ступени Ц-I.

Подвесить блок монтажный 14 с канатом 9 через шакл 12 на проектную серьгу. При необходимости, для подачи блока 14, использовать таль 17. Приварить по месту к тумбе стапеля верхнего блока Ст-1 ушко 11 и закрепить таль 6 через скобу 7, согласно схеме (узел А).

- Застропить циклон 1-ой ступени Ц-I, согласно схемы строповки на канат 9. Работой тали 6 через монтажный (отводной) блок 14 произвести натяжку стропов, проверить состояние такелажной оснастки.
- Работой тали 6, оттягивая, при необходимости, низ циклона лебедкой 8, подать циклон в проектное положение. Выверить. Закрепить. Расстропить. Срезать сухари. Аналогично смонтировать остальные циклоны 1-ой ступени, по мере монтажа устанавливать горизонтальные связи циклонов. Демонтировать поэлементно балки стапеля циклонов, препятствующие дальнейшему монтажу верхнего блока регенератора с установленными 6 циклонами».

Одновременно производился демонтаж старого регенератора. Предварительно, внутри разобрали футеровку, освободив доступ к металлу, чтобы его можно разрезать на две части. Затем в два этапа их вытащили на площадку, а по окончании

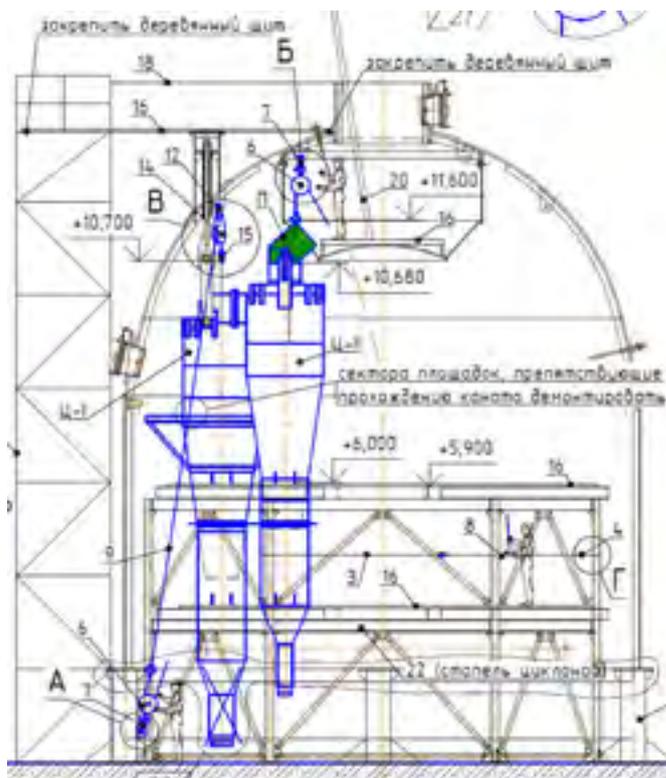


Фото 9. Монтаж циклонов внутри камеры верхней части регенератора. В камере очень тесно. В этих условиях необходимо все подогнать, вырезать, состыковать, заварить и подвесить на патрубки.

работ порезали на транспортабельные части в металлолом (Фото 11).

Опять же, следует осознать всю сложность работ. Поясняет Александр Ринатович Махмутзянов, руководитель проекта реконструкции установки, заместитель главного инженера и начальник ПТУ ПАО «АК ВНЗМ»:

«Сама установка каталитического крекинга Г-43-107/М1 очень компактная (Фото 12), а регенератор находится «внутри» установки. Таким образом, вокруг регенератора вплотную стоят еще три аппарата. Двигать регенератор влево-вправо, даже при демонтаже, невозможно - очень мало свободного места. Через такое окошечко аккуратно приподняли старый регенератор, затем смещением стрелы крана сдвинули в свободное окно, открывающее путь вверх. И, только затем, подняли и полностью извлекли из самой установки. Из-за стесненности кран работал как манипулятор и на пределе своей грузоподъемности. Учитывая вес частей регенератора и высоты, на которых производились работы – это очень трудная задача».

При демонтаже и монтаже была задействована Компания SOP&G (СОПиГ) с их уникальным 1350-тонным краном LIEBHERR LR 11350. Так же, для сокращения сроков, в монтаже металлоконструкций и трубопроводов участвовали вспомогательные краны меньшей грузоподъемности (100 и 350 тонн): LTM 1100-4.1 и LTM 1350-6.1.

Вылет основного крана (Фото 13) составлял 44 метра, а в крайней позиции доходил до 54 метров, при таких весах – это очень много. При этом, части регенератора нужно было доставлять на место через преодоление 80-метровой высоты.

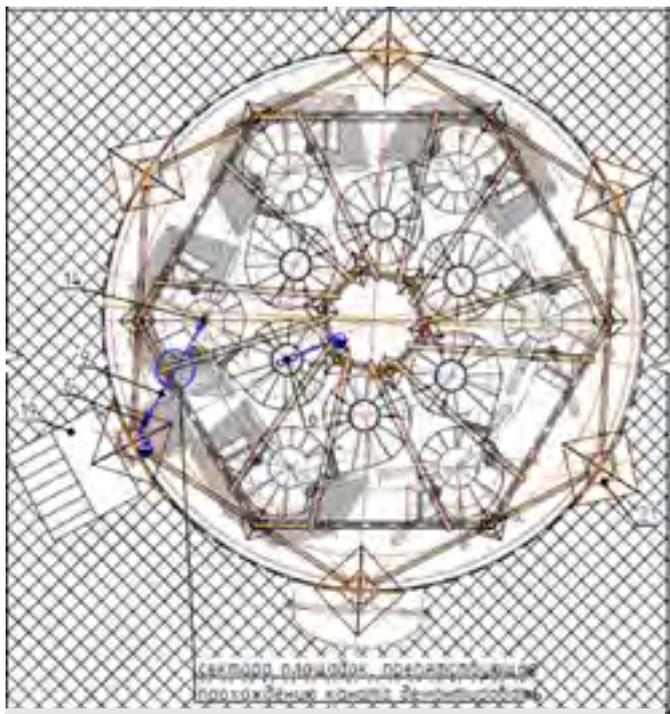


Фото 10. Схема установки циклонов вид сверху

Главный специалист ПО ПТУ «АК ВНЗМ» и руководитель работ Виктор Аркадьевич Иванов отмечает:

«При установке верхней части регенератора, которая весила 340 тонн, требовалась особо-ювелирная точность. С одной стороны, мешал футерованный газоход, с другой - реактор, с третьей – площадки, которые посчитали ненужным демонтировать и, затем, восстанавливать на высоте 40 метров. Поэтому верхняя часть заходила впритирку. Ловили буквально миллиметры.

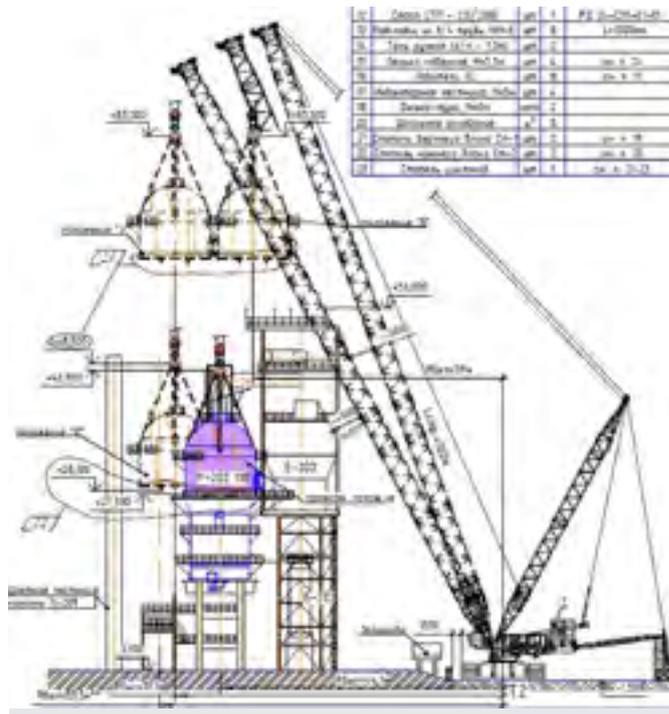


Фото 13. Крайний вылет стрелы крана LR 11350 достигал 54 метра. При весе верхней части регенератора 340 тонн, её нужно было доставить на отметку около 80 метров

Дополнительная особенность монтажа регенератора: катализаторо-проводы остались старые. Это трубы диаметром 1200, по которым в регенератор должен поступать катализатор. После установки регенератора стояла задача подойти от него штуцерами к старому трубопроводу так, чтобы не возникало напряжений. Врезка штуцеров на высоте, диаметром 1200 – это довольно тонкая работа



Фото 11. Начало монтажа нижней части. На площадке видны демонтированные части старого регенератора и подготовленные части нового Р-202



Фото 12. Общий вид площадки

Следует отдать должное ювелирному мастерству крановщиков фирмы СОПиГ. Так как верхнюю часть поднимали на пределе грузоподъемных характеристик крана, потому что кран было невозможно пододвинуть ближе, они привезли на площадку целую команду, которая следила за работой. Конечно, предварительно специалисты ВНЗМ и СОПиГ всё просчитали, и увидели, что запас есть. К тому же и работа с краном весьма специфична. У него в задней части расположен противовес (Фото 14). Когда кран берет нагрузку, то на

противовес добавляют точно отмеренный балласт. Так же, когда уменьшают вылет стрелы, то постепенно разгружают балласт соразмерно изменению нагрузки. Этот процесс требует координированности, высокой точности и времени».

Выдержка из ППРк. Схема монтажа верхнего блока регенератора Р-202 МВ (Фото 15, 16, 17):

«Произвести монтаж верхнего блока Р-202 МВ, регенератора Р-202. Работы вести краном LR 11350 (Lстр.=102 м), со стоянок Т2-Т3.



Фото 14. Противовес крана LR 11350
Начало установки нижней части

1. Подготовка к монтажу.

- Установить кран 1 на стоянку Т3.
- Смонтировать секторы площадки отм. +33,000 м (см. схему л. 12, схемы строповки см. л. 17), приварить монтажные штуцера поз. 4 согл. схемы на л. 11 (при отсутствии проектных монтажных штуцеров).
- Оставить проектные кольца жесткости внизу верхнего блока Р-202 МВ, при их отсутствии установить монтажные распорки.
- 2. Монтаж верхнего блока Р-202 МВ регенератора Р-202.
- Застропить блок регенератора Р-202 МВ на крюк крана 1 согласно схемы строповки (см. л. 11). Поднять блок на 200-300 мм, проверить состояние такелажной оснастки.
- Подъемом крюка крана 1 на отм. +34,000 м и поворотом платформы подать Р-202 МВ в положение "а".
- Передвижением крана 1 с грузом на крюке со стоянки Т3 на стоянку Т2, подавая на 0,5 м выше встречающихся препятствий, подать блок регенератора в положение "б".
- Подъемом крюка крана 1 на отм. +83,500 м, поворотом платформы и изменением вылета с 34 м до 39 м, заводя над аппаратом Е-202 на 0,5 м выше встречающихся препятствий, подать Р-202 МВ в положение "в". Затем изменением вылета с 39 м до 51,1 м, поворотом платформы подать в положение "г", высоту подъема крюка при данной операции сохранять на отм. +83,500 м.
- Опусканием крюка крана 1 на отм. +48,000 м, подать Р-202 МН в положение "д", следить за положением блока для беспрепятственного прохода блока мимо м/к аппаратов Р-201, Д-201.
- Изменением вылета с 51,1 м до 44,1 м, подавая Р-202 МН так, чтобы низ циклонов 2-ой ступени был на 0,5 м выше нижнего блока Р-202 МН, подать блок регенератора над проектным положением, опустить на нижний блок. Выверить. Проварить 8 участков по 0,5 м каждый монтажного стыка корпуса регенератора. Расстропить, используя оттяжки поз. 3. Доварить монтажный стык регенератора и произвести футеровку оставшихся участков, установить на проектное место стояки (для циклонов 1-ой ступени с частью бункера) с помощью талей поз. 14. Доступ к месту расстроповки и монтажа с проектной площадки отм. +27,000 м и проектного кольца жесткости (монтажной распорки).

3. Монтаж площадок обслуживания верхнего блока регенератора Р-202 МВ.

- Смонтировать сектора площадок отм. +33,000 м, +36,400 м, +39,000 м. По ходу монтажа восстановить площадки, соединяющие площадки обслуживания Р-202 с этажеркой аппарата Р-201».

Чтобы выполнить проект качественно и в срок, работы велись круглосуточно. Общая численность работников на площадке доходила до 100 человек. Работа была закончена с опережением срока – вместо запланированного в проекте 20 июня, объект сдали 6 июня. Вся работа на площадке была выполнена за 44 дня.

Как результат, по недавним сообщениям пресс-службы заказчика, модернизация реакторного блока секции гидроочистки установки каталитического крекинга вакуумного газойля позволила увеличить среднесуточную производительность установки на 4,7% по объему переработки вакуумного газойля и на 11,8% – по выпуску стабильного бензина. Кроме того, в результате проведенной модернизации был вдвое – с 2 до 4 лет – увеличен срок работы катализатора, используемого в производственном процессе.



Фото 15. Отметка +83,500 метров

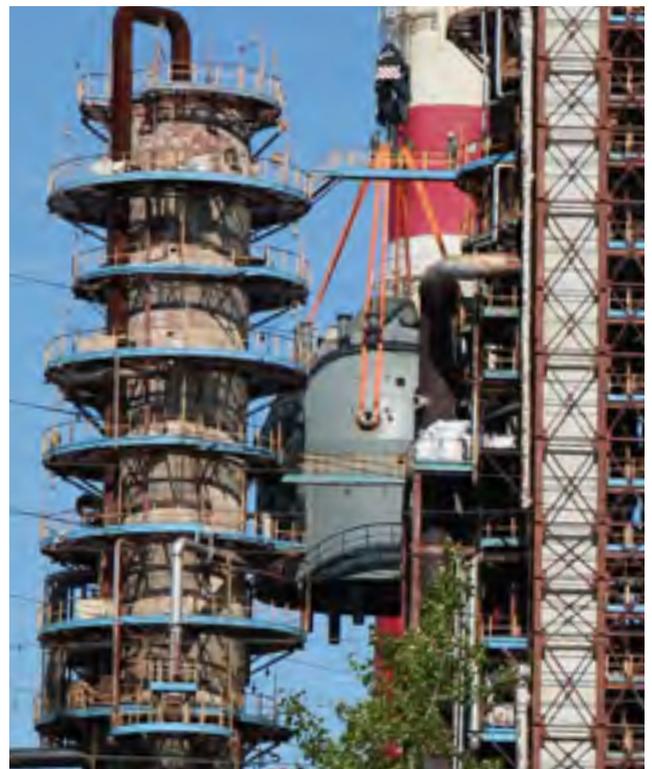


Фото 16. Вокруг регенератора плотно стоят еще три аппарата. Свободного места практически нет. Монтаж верхней части - попадание в «окошко»

Энергоэффективность

ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА «ПАССИВНЫХ ДОМОВ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА

Юлия Гончарова, АППП

В последние годы вопросы и технологии энергоэффективности, бережного, рачительного отношения к ресурсам планеты, страны или отдельного домохозяйства становятся глобальным трендом. Зарубежные строительные компании уже достаточно длительное время уделяют особое внимание и отдают предпочтение легким и экономичным теплоизоляционным материалам. Так, например, за последние 40 лет использование пенополистирола в странах Европы, Америки и Азии увеличилось в десятки раз. Интересно, что в разных уголках Земли для этого были свои причины.

На сегодняшний день самыми крупными потребителями строительного пенополистирола являются США и Западная Европа (Франция, Италия, Германия). По данным аналитической компании Sinergy Consulting, на конец 2010 года, в Западной Европе пенополистирол среди других теплоизоляционных материалов занимал нишу в 26,5%. Сегодня эта цифра, по разным данным, перевалила за 55%.

Идея возведения «пассивных домов» (строительства домов, потребляющих на отопление крайне малое, близкое к 0 количество энергии) появилась в Германии около 20 лет назад. За эти годы у зарубежных проектировщиков накопилось достаточно опыта и информации о том, насколько можно снизить потребление энергии.

Герхард Хаузер – австрийский архитектор, который уже более 10 лет возводит в разных странах частные объекты по технологии «пассивный дом», говорит по этому поводу следующее: «Мы на стадии проектирования предлагаем расчет энергетического баланса, также можно заранее сделать подсчет амортизации и окупаемости».

Среднестатистический дом у нас в Тироле потребляет 150 кВт-ч, а «пассивный дом» — 15 кВт-ч. То есть эффект экономии составляет 90%. И если мы платим в среднестатистическом доме €2-3 тыс. за обычное отопление, то в «пассивных домах» плата составляет примерно €200 за ту же площадь. В России показатель потребления для одного дома доходит до 600 кВт-ч, и в данном случае применение «пассивной технологии» будет экономить приличное количество потребляемой энергии».

Лидером среди европейских стран-потребителей пенополистирола является Германия – на нее приходится 48% объема. Дело в том, что практичные немцы уделяют огромное внимание энергоэффективности, и поэтому всеми силами стремятся снизить затраты на отопление. В этом контексте пенополистирол подтвердил свои уникальные теплоизоляционные свойства, практически вытеснив с немецкого рынка другие материалы. С 2012 года пенополистирол стабильно является приоритетным материалом для теплоизоляции зданий, покрывая 87% всех теплоизоляционных нужд в Германии, при этом минеральная вата используется лишь в 12% случаев.

Во Франции (по данным Ассоциации PROMO PSE), формованным пенополистиролом утеплены 8 из 10 частных домов. Иногда французы комбинируют его с другими изо-

ляционными материалами, если того требуют особенности конструкции здания.

При этом европейские и американские научные центры продолжают изучать возможное воздействие пенополистирола на экологию и здоровье людей. В целом, за почти 50 лет применения пенополистирола и стиролосодержащих материалов, в мире не было выявлено подтвержденной взаимосвязи между его использованием и нарушениями репродуктивных и иных функций у людей, а Международный строительный код (IRC) классифицирует пенополистирол как один из наиболее экологически чистых утеплителей.

В США и Канаде пенополистирол является наиболее популярным теплоизоляционным материалом – в первую очередь, из-за низкой цены и простоты использования. В Северной Америке высоко ценится быстрота возведения зданий – практически любой частный жилой дом строится от начала до конца за один сезон – поэтому здесь отдают предпочтение пенополистиролу, не требующим длительного многоэтапного монтажа и использования дополнительных гидроизоляционных материалов.

Любопытно, что пенополистирол пользуется большим спросом не только в странах с холодными зимами, но и там, где практически круглый год тепло. Например, в Турции практически 100% домов, построенных после 2010 года, утеплены пенополистиролом. Даже в жаркой Саудовской Аравии этот ТИМ стал популярен: выяснилось, что при обшивке фасадов и крыш пенополистиролом, затраты на кондиционирование помещения снижаются почти втрое.

Ну, а в странах Юго-Восточной Азии высоко оценили водостойкие свойства пенополистирола. Поскольку здесь существует традиция построения домов «на воде» - плавучих или на сваях, то вопрос гидроизоляции становится одним из важнейших. В последние десять лет пенополистирол выходит на лидирующие позиции среди всех теплоизоляционных материалов в Китае, Вьетнаме, Тайване, Таиланде, Индонезии и Малайзии.

В России «полистирольный бум» пока только набирает обороты. С введением в июле 2015 года нового ГОСТа 15588-2014 потребителям стало еще проще ориентироваться в различных марках и сортах этого теплоизоляционного материала. Новый стандарт указывает, какие именно сорта пенополистирола подходят для утепления тех или иных конструкций и сооружений.

Энергоэффективность

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ УТЕПЛИТЕЛЯ НА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКУЮ ОДНОРОДНОСТЬ ФАСАДОВ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

О.Д. Самарин, канд. техн. наук, доцент; И.С. Швеченкова, студентка (НИУ МГСУ)

Аннотация: Рассмотрено изменение дополнительных теплопотерь через точечные и линейные элементы конструкции фасадов общественных зданий при изменении толщины утеплителя. Приведены результаты расчетов коэффициента теплотехнической однородности стены с учетом изменения удельных теплопотерь через все основные элементы, включая наружные углы и примыкание к кровле и фундаменту. Дан анализ полученных данных и представлены данные по их статистической обработке и физическая интерпретация. Предложена приближенная зависимость для коэффициента теплотехнической однородности фасада от приведенного сопротивления теплопередаче стены.

Ключевые слова: сопротивление теплопередаче, теплотехническая однородность, точечные и линейные элементы, дополнительные удельные потери теплоты, тепловая проводимость

Введение

В работе [1] авторами была рассмотрена зависимость коэффициента теплотехнической однородности наружной стены γ от ее приведенного сопротивления теплопередаче R_0 с учетом влияния точечных и линейных теплотехнических неоднородностей на примере фасада одного из зданий общественного назначения. При этом учитывалась зависимость удельных потерь теплоты через точечные и линейные элементы от общего уровня теплозащиты конструкции. Было обнаружено, что с ростом R_0 величина γ закономерно уменьшается, что можно объяснить увеличением относительной доли тепловой проводимости

элементов с двумерным и трехмерным температурным полем в суммарной тепловой проводимости стены. Однако для дальнейшего подтверждения полученных результатов целесообразно провести аналогичные расчеты для других объектов различного назначения, размеров и формы с целью выявления статистической устойчивости рассчитанных значений γ . Кроме того, данное исследование позволит получить количественную аналитическую зависимость γ от R_0 , пригодную для ориентировочной оценки теплотехнической однородности на стадии предварительных расчетов.

Исследования проводились с использованием конструкций фасадов зданий, указанных в Таблице 1.

Номер варианта		Число этажей	Суммарная площадь наружных ограждений $A_n^{сум}$, м ²	Отапливаемый объем $V_{от}$, м ³	Коэффициент компактности $K_{комп}$, м ⁻¹
1	Клуб на 375 мест	2	2354.7	3585.6	0.657
2	Столовая на 200 посадочных мест	2	2187.2	4847.5	0.451
3	Административное здание для центральных поселковых хозяйств	2	1298.7	2690.9	0.483
4	Комплексный центр просвещения, культуры и спорта	2	3213.2	8006.1	0.401
5	Общеобразовательная школа на 1000 учащихся	3	4721.5	12225	0.386
6	Амбулатория на 100 посещений в смену с аптекой	2	2452	4919.2	0.498
7	Магазин бытовой химии и хозяйственных товаров	2	4957.9	13313.5	0.372
8	Центральная библиотека на 50 тысяч единиц хранения	2	2265.7	5226.6	0.433
9	Клуб-столовая с обеденным залом на 360/300 мест летнего лагеря	2	2851.6	6957.8	0.410
10	Детский сад на 280 мест	2	4528.5	8877.9	0.510

Таблица 1. Характеристики зданий, использованных для вычислений

Общие данные для всех вариантов зданий:

- Район строительства: г. Пенза.
- Характеристики слоев наружной стены:
 1. Цементно-песчаный раствор, $\delta = 0.02$ м;
 2. Железобетон, $\delta = 0.25$ м;
 3. Минеральная вата из каменного волокна;
 4. Сложный раствор, $\delta = 0.02$ м.
- Толщина слоя утеплителя варьировалась от 70 до 250 мм.

Методы

Значения дополнительных удельных потерь теплоты через точечные и линейные элементы Ψ_j и χ_k приводятся в СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий» (далее – СП 230). При расчете теплопотерь через углы стен были использованы значения из таблицы Г.28 СП 230, так как стены здания имеют наружный утеплитель и тонкую облицовку. Рассматривая места примыкания стен к фундаменту, необходимо пользоваться таблицей Г.40, а при расчете теплопотерь в местах сопряжения с совмещенным кровельным покрытием применялись значения, указанные в таблице Г.43. Следует также обратить внимание, что в дан-

ном случае дополнительное утепление парапета отсутствует. В нашем примере использовался именно этот вариант, как наиболее худший, поскольку теплопотери через такой узел будут наибольшими.

Заметим, что при выборе значений Ψ_j и χ_k в явном виде учитывалось изменение приведенного сопротивления наружной стены теплопередаче R_0^{np} , $m^2 \cdot K / Wt$, поэтому коэффициенты Ψ_j и χ_k являются переменными величинами. В общем случае с ростом R_0^{np} они уменьшаются. Кроме того, при определении Ψ_j для примыканий к кровле и фундаменту нужно принимать во внимание и изменение уровня теплозащиты покрытия и перекрытия над подвалом. Поэтому в расчетах принималось, что значения R_0^{np} этих конструкций меняются синхронно с R_0^{np} наружной стены в соответствии с требованиями таблицы 3 СП 50.

Результаты

Результаты вычислений для одного из характерных зданий приведены в Таблице 2. Как и в [1], затем вычисляем требуемое значение удельного теплового потока по глади конструкции (т.е. без учета теплопроводных включений, $Wt / (m^2 \cdot K)$), исходя из

Вид неоднородности	Ед. изм.	Суммарная протяженность линейных элементов, м (по чертежам)	Удельная длина l_j , м/ m^2 , или количество точечных элементов n_k , шт/ m^2	Значение величины дополнительного теплового потока Ψ_j , $Wt / (m \cdot K)$, или χ_k , Wt / K , по СП 230	Дополнительные потери теплоты через узлы, $Wt / (m^2 \cdot K)$ – произведение колонок 4 и 5
1	2	3	4	5	6
Тарельчатые дюбели	шт	–	5	0.006	0.03
Оконные и дверные откосы	м	189.2	1.101	0.180	0.198
				0.150	0.165
				0.120	0.132
				0.120	0.132
				0.110	0.121
Углы вогнутые	м	8.2	0.048	-0.297	-0.014
				-0.241	-0.012
				-0.190	-0.009
				-0.135	-0.006
				-0.133	-0.006
Углы выпуклые	м	25.4	0.148	0.244	0.036
				0.184	0.027
				0.143	0.021
				0.115	0.017
				0.095	0.014
Примыкание к фундаменту	м	30.1	0.175	0.700	0.123
				0.698	0.122
				0.695	0.122
				0.674	0.118
				0.652	0.114
Примыкание к кровле	м	29.9	0.105	0.838	0.088
				0.824	0.087
				0.810	0.085
				0.753	0.079
				0.713	0.075

Таблица 2. Характеристики теплотехнических неоднородностей фасада для здания 3.

Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6	Вар.7	Вар.8	Вар.9	Вар.10
0.401	0.362	0.461	0.376	0.396	0.551	0.304	0.417	0.416	0.375
0.370	0.344	0.420	0.357	0.370	0.510	0.289	0.395	0.395	0.358
0.338	0.326	0.381	0.340	0.346	0.474	0.276	0.374	0.380	0.341
0.327	0.313	0.370	0.325	0.334	0.457	0.265	0.359	0.370	0.328
0.308	0.298	0.348	0.308	0.317	0.430	0.252	0.341	0.347	0.312

Таблица 3. Значения параметра ΔK для различных вариантов

обеспечения необходимой величины приведенного сопротивления теплопередаче R_0^{np} , м²·К/Вт, с использованием методики СП 50.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» (далее – СП 50), изложенной ранее в публикациях [2 – 8]:

$$U_{тр} = K - \Delta K, \text{ где } \Delta K = \sum \psi_j l_j + \sum \chi_k n_k. (1)$$

Здесь $K = \frac{1}{R_0^{np}}$ – коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м²·К). Остальные обозначения приведены в Таблице 2. Как отмечали в своих публикациях многие авторы в нашей стране и за рубежом [2 – 7], подобный подход значительно расширяет возможности по разработке энергосберегающих и одновременно экономически эффективных ограждающих конструкций. Суммарная удельная тепловая проводимость точечных и линейных элементов ΔK, Вт/(м²·К), для исследованных зданий приведена в Таблице 3 на основе данных последнего столбца таблицы 2.

Тогда требуемое сопротивление теплопередаче слоя утеплителя можно выразить обычным способом:

$$R_{ут} = \frac{1}{U_{тр}} - \left(\frac{1}{\alpha_{в}} + \sum R_{к,i} + \frac{1}{\alpha_{н}} \right). (2)$$

Здесь $\sum R_{к,i}$ – суммарное термическое сопротивление всех слоев конструкции, за исключением утеплителя, м²·К/Вт; $\alpha_{в}$ и $\alpha_{н}$ – соответственно коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·К). Для наружной стены по СП 50 можно принимать $\alpha_{в} = 8.7$ Вт/(м²·К); $\alpha_{н} = 23$ Вт/(м²·К). Конструкция стены для вычисления $\sum R_{к,i}$ принималась аналогичной данным [1].

Отсюда коэффициент теплотехнической однородности

$$r = U_{тр} / K = 1 - \Delta K / K (3).$$

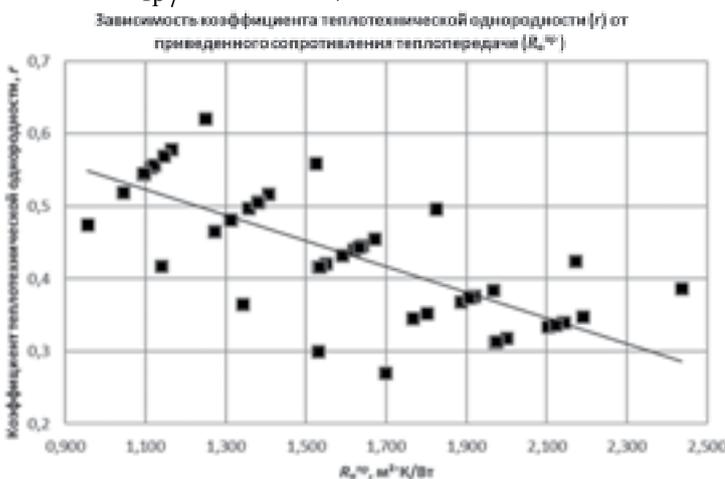


Рис. 1 Зависимость величины r от R_0^{np} для фасада здания

Анализ

Результаты расчетов величины r показаны на Рисунке 1 точками, а сплошной прямой, для наглядности, – линия тренда. Аппроксимация зависимости r от R_0^{np} дает следующее соотношение:

$$r = 0.72 - 0.177 R_0^{np} (4).$$

Коэффициент корреляции при этом составляет R = 0.75, что говорит о достаточно тесной зависимости между сравниваемыми величинами.

Заключение

В результате проведения расчетов для 10 зданий с различными архитектурно-конструктивными и объемно-планировочными решениями подтвердилась зависимость r от R_0^{np} . Следовательно, для адекватной оценки R_0^{np} и эффективности использования теплоизоляции в ограждающих конструкциях зданий необходим полный учет всех точечных и линейных элементов ограждения. Иначе говоря, параметр R_0^{np} характеризует не какой-либо участок наружной стены, пусть даже и характерный, и относится не к отдельному помещению, а в целом к фасаду здания, по крайней мере, когда речь идет о вычислении показателей, которые также относятся к зданию в целом. Например, это относится к удельной теплозащитной характеристике или удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания в соответствии с требованиями СП 50. Полученную зависимость в форме (4) можно использовать в инженерных расчетах для ориентировочной оценки теплотехнической однородности фасадов общественных зданий на этапе принятия основных проектных решений.

Литература:

1. О.Д. Самарин, И.С. Швеченкова. Оценка теплотехнической однородности фасада здания при изменении толщины утеплителя. // «СОК». 2016. № 5. С. 91 – 92.
2. В.Г. Гагарин, В.В. Козлов. О нормировании теплозащиты и требованиях расхода энергии на отопление и вентиляцию в проекте актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий». // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. № 31-2 (50). С. 468 – 474.
3. В.Г. Гагарин, В.В. Козлов. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий». // Жилищное строительство. 2011. № 8. С. 2 – 6.
4. В.Г. Гагарин, К.А. Дмитриев. Учет теплотехнических неоднородностей при оценке теплозащиты ограждающих конструкций в России и европейских странах. // Строительные материалы. 2013. № 6. С. 14 – 16.
5. О.Д. Самарин. Обоснование снижения теплозащиты ограждений с использованием актуализированной редакции СНиП 23-02-2003. // Жилищное строительство. 2014 №3. С.46-48.
6. Robert Dylewski, Janusz Adamczyk. Economic and ecological indicators for thermal insulating building investments. // Energy and Buildings. 2012. No. 54. P. 88 – 95.
7. Vilune Lapinskiene, Sabina Paulauskaite, Violeta Motuziene. The analysis of the efficiency of passive energy saving measures in office buildings. Papers of the 8th International Conference «Environmental Engineering». Vilnius. 2011. P. 769 – 775.
8. W. Feist. Das Niedrigenergiehaus. 4. Auflage. – Heidelberg: C.F. Müller Verlag. – 1997. – 144 p.

Энергоэффективность

ЭКОНОМИКА ОТОПЛЕНИЯ КОТТЕДЖА

Планируя строительство частного дома или переезд из городской квартиры в загородный коттедж, мы оцениваем не только размер первоначальных затрат на строительство или ремонт, но и стоимость содержания такого жилья. А она существенно отличается от расходов на эксплуатацию городской квартиры. И одной из основных затратных статей здесь становятся расходы на отопление. Рассмотрим и сравним основные доступные варианты его организации.



Магистральный газ

Это решение кажется самым простым, однако может быть таким только при условии, что участок изначально газифицирован. В противном случае затраты на прокладку магистрали могут составить от 500 тысяч до трех миллионов рублей с каждого домохозяйства - все зависит от размеров поселка, удаленности газопровода и других условий.

Собственно, газ является, пока что, самым дешевым в России видом топлива, но рублевая себестоимость его добычи растет, а мировые цены имеют тенденцию к снижению. Поэтому прогнозировать ситуацию надолго трудно. Мы же исходим из того, что адекватный расчет стоимости отопления предполагает анализ затрат за какой-то достаточно продолжительный отрезок времени, с учетом ремонтно-эксплуатационных расходов. В частности, для загородного дома целесообразно рассматривать 50-летний период эксплуатации.

Будем считать, что для отопления двухэтажного коттеджа площадью 300 м² с кухней нужен автоматический котел мощностью 15 кВт. Стоимость такого оборудования от известных производителей на сегодняшний день составляет примерно 30 000 руб. Менять его нужно раз в 10 лет, то есть за 50 лет в сегодняшних ценах «набежит» 150 000 руб. С учетом стоимости ежегодного обслуживания (примерно 5 000 руб.) — 400 000 руб., или 8000 руб. в год.

При стоимости магистрального газа 5,14 руб./м³ (для Московской области) и удельной теплоте его сгорания 33 500 кДж/м³ стоимость 1 кВтч тепла будет не более 59 копеек (с учетом реального КПД котла, который примерно равен 92%). За отопительный сезон, который, к примеру, в Московском регионе официально длится 215 дней, для коттеджа площадью 300 м² потребность в тепле составит 85 000 кВтч, что обойдется примерно в 50 300 руб. Итого, с учетом эксплуатационных расходов, получим 58 300 руб.

Итого в общем случае получим 58 300 руб. в год (при условии, что газ к поселку уже подведен).

Газгольдер

Если нет магистрального газа — можно запастись сжиженным. Многие так и поступают, хотя этот способ предполагает, что у вас на участке будет постоянно зарыта огромная емкость со взрывоопасным сжиженным газом. Как минимум это требует наличия довольно большой огороженной площади, где нельзя ничего сажать или строить, и специальных мер безопасности. Кроме того, необходим доступный источник сжиженного газа с возможностью доставки до участка.

Стоимость и КПД котлов для сжиженного газа, примерно, такие же, как и для магистрального. Установка газгольдера будет стоить около 400 000 руб. В пересчете на 50 лет получим 800 000 руб., или 16 000 руб. в год.

При стоимости сжиженного газа 15 рублей за литр (с доставкой в пределах 100 км от крупного города) и удельной теплоте сгорания пропан-бутановой смеси порядка 12,8 Квтч/л получим стоимость 1 кВтч тепла в 1,23 руб., что равносильно затратам в объеме 104 550 руб. в год.

А с учетом стоимости эксплуатации — 120 550 руб. в год.

Дизельное топливо

Дизельное топливо предпочтительнее использовать в отдаленных населенных пунктах, поскольку его обычно проще купить и доставить на участок. К тому же, перевозить его можно самостоятельно. КПД у дизельного котла ниже на несколько процентов, стоит оно чуть дороже (15-киловаттный около 40 000 руб.), а служит чуть дольше — до 15 лет. Подземная емкость для топлива с системой подачи и установкой обойдется примерно в 200 000 руб. Кроме того, дизельный котел зависим от электроэнергии: при частом отключении света придется позаботиться о покупке генератора. Стоимость обслуживания мы будем везде считать примерно одинаковой — 5 000 руб. в год. Если оперировать этими цифрами, то эксплуатационные расходы за 50 лет в текущих ценах составят 610 000 руб. или 12 200 руб. в год.

Стоимость дизельного топлива для котельных с учетом доставки возьмем равной 36 руб. за литр (варьируется в зависимости от региона). Удельная теплота его сгорания — 10,3 кВтч/л. Т.е. стоимость 1 кВтч тепла с учетом КПД дизельных котлов составит 3,93 руб., а затраты на отопительный сезон — 333 800 руб.

С учетом эксплуатационных расходов — 346 000 руб. в год.



Твердое топливо

В этом качестве могут использоваться дрова, пеллеты (брикеты) или уголь. Однако нужно понимать, что твердо-топливный котел не бывает полностью автоматическим. Значит, кто-то постоянно должен работать кочегаром. В случае с пеллетными котлами уровень автоматизации выше, но выше и уровень опасности возгорания топлива. Это нужно учитывать и при использовании угольных котлов. Поэтому в обоих случаях потребуются дополнительные меры безопасности.

Стоимость оборудования различается очень сильно. Например, 15-киловаттный котел с ручной загрузкой обойдется примерно в 25 000 руб., однако вряд ли вам улыбается перспектива постоянно бегать в котельную и подбрасывать дрова или уголь вручную. Котел же с автоматической подачей топлива может стоить от 100 000 (пеллетный) до 200 000 руб. (угольный). Правда, служат они все по 20–25 лет.

В итоге эксплуатация дровяного котла обойдется в 6250 руб. в год, автоматического пеллетного — в 10 000, а автоматического угольного — в 15 000 (все — с учетом стоимости ежегодного обслуживания).

Стоимость топлива существенно зависит от региона. Например, в Московской области 1 кубометр (в среднем 650 кг) березовых дров по оптовой цене на сегодняшний день обойдется в 1400 руб. (считаем, что при заказе сразу большого объема доставка будет бесплатной), каменный уголь приемлемого качества — в 6000 руб. за тонну, топливные брикеты — примерно в такую же цену.

Если принять, что удельная теплота сгорания дров приблизительно равна 3,4 кВтч/кг, угля — 7,5 кВтч/кг и брикетов — 5,6 кВтч/кг; что КПД дровяного котла примерно равен 75%, а автоматического — 80%; то получим стоимость 1 кВтч тепла, соответственно равную 0,84, 0,64 и 0,85 руб. (дрова, уголь и брикеты). То есть в год отопление дровами обойдется в 71 400 руб., углем — в 54 060 руб. и брикетами — в 72 420 руб.

А с учетом эксплуатационных расходов:

дрова — 77 650 руб. в год;

уголь — 69 060 руб. в год;

брикеты — 82 420 руб. в год.

Угольное отопление, как видим, обходится дешевле обогрева другими видами твердого топлива, а вот дрова в 2016 году стали выгоднее брикетов. Но любое твердое топливо выходит дороже магистрального газа.

Электрический котел

Стоимость автоматического электродкотла нужной нам мощности (30 кВт) составит примерно 50 тыс. рублей (менять его придется каждые 10 лет). Еще придется доплатить за дополнительную мощность ввода, а это как минимум 10 тыс. рублей за киловатт (мы берем в расчет самые разумные цены на рынке). Итого стоимость подключения составит 300 тыс. рублей.

Стоимость киловатт-часа электроэнергии в Московской области — 4,81 руб./кВтч, КПД котла — 99%. Итого получим ежегодную стоимость отопления — 413 000 руб.

А с учетом стоимости оборудования — 424 000 руб. в год.

Тепловой насос

Несмотря на то, что в России возобновляемые источники энергии в частном секторе стали использовать сравнительно недавно, они уже успели завоевать популярность. Тепловой насос — это экологичная альтернатива традиционным видам отопления. Агрегат умеет извлекать тепло из грунта, воды или воздуха, причем даже холодных, и использовать его для отопления дома и подогрева воды. Эта технология работает на Севере, где земля за зиму успевает промерзнуть на большую глубину, что подтверждается многолетним опытом эксплуатации подобных систем в Скандинавии.

«Современные тепловые насосы могут эксплуатироваться в любом российском регионе. На юге обычно укладываются грунтовые коллекторы на глубине 1–1,5 м или используется тепло окружающего воздуха. В регионах, где глубина промерзания ниже, можно установить грунтовые зонды в скважинах до 200 метров или использовать тепловую энергию незамерзающих водоемов и грунтовых вод», — объясняет Нина Горшкова, специалист направления «Тепловые насосы» компании «Данфосс», ведущего мирового производителя энергосберегающего оборудования.

Единственное, что нужно тепловому насосу для работы — электроэнергия. Однако потребность в ней относительно невелика: потребляемая электрическая мощность примерно в 4 раза меньше производимой тепловой. Так, тепловой насос Danfoss DHP-L Opti 16 в режиме максимальной производительности потребляет всего 4,1 кВт электроэнергии, а производит при этом 16,4 кВт тепла.

«Одной из последних разработок, которую мы уже сегодня предлагаем в России, являются тепловые насосы инверторного типа. Они отличаются большей эффективностью использования электроэнергии. Это позволяет на каждый израсходованный киловатт-час электроэнергии получить 5 и даже более киловатт-часов тепловой энергии. При этом стоимость подобного решения лишь немного выше стоимости обыкновенного теплового насоса», — добавляет Нина Горшкова.

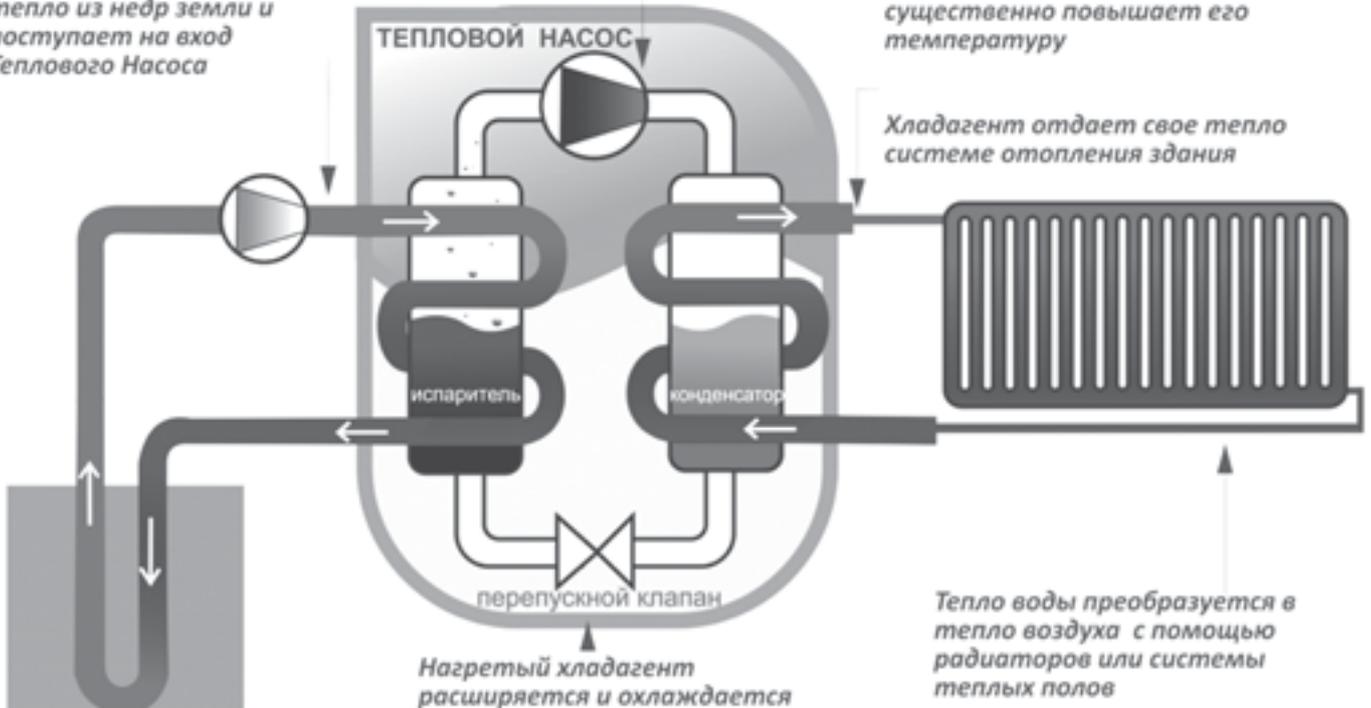
Давайте посчитаем, что же получается в итоге. Стоимость 16-киловаттного агрегата Danfoss DHP-L Opti 16, о котором шла речь выше, составляет на сегодняшний день примерно 640 000 руб., а срок его эксплуатации равен 25 годам. Аналогичная по мощности инверторная система обой-

принцип работы теплового насоса

Специальный антифриз циркулирует внутри системы тркб, забирая тепло из недр земли и поступает на вход Теплового Насоса

Мощный насос увеличивает давление хладагента в несколько раз, что существенно повышает его температуру

Хладагент отдает свое тепло системе отопления здания



дется примерно в 890 000 руб. Стоимость прокладки коллектора или установки геотермальных зондов в обоих случаях составит порядка 300 000 рублей, причем сделать это нужно только один раз, поскольку теплосъемный контур служит до 100 лет и более.

Итак, если исходить из принятого нами горизонта планирования в 50 лет, то использование теплового насоса обычной конструкции обойдется в 31 600 руб. в год, а инверторного — в 41 600 руб. в год.

Теперь посчитаем расходы на электроэнергию. При нашей годичной потребности в тепле в объеме 85 000 кВтч нужно затратить 21 250 кВтч (или 17 000 кВтч электроэнергии соответственно). При одноставочном тарифе 5,38 руб./кВтч (Московская область, 2016 год) получим, соответственно, 114 325 руб. и 91 460 руб. для обыкновенного и инверторного теплового насоса.

А с учетом расходов на оборудование: стандартный ТН — 146 000 руб. в год; инверторный ТН — 133 060 руб. в год.



На сегодняшний день это немного дороже, чем использование котла на твердом топливе или магистрального газа, однако тепловой насос имеет одно преимущество, которое стоит гораздо больше имеющейся разницы: он полностью независим от наличия какого-либо топлива. Очевидно, что уже сегодня это становится критичным фактором выбора, перевешивающим все прочие. Кроме того, такой способ отопления абсолютно безопасен. Что же касается электроэнергии, то, учитывая небольшую мощность агрегата, в качестве резервного источника питания на случай отключений можно использовать портативный дизель-генератор.

Как показали наши расчеты, на сегодняшний день, в условиях экономического кризиса, отопление загородного дома с помощью возобновляемых и экологически чистых источников энергии является не просто равноправной и равнозатратной альтернативой традиционным источникам тепла, но и предпочтительной.

Водоочистка промышленных предприятий

КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОКОВ НА ПРИМЕРЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА ТОМАШУВ-МАЗОВЕЦКИ, ПОЛЬША

Комплексы очистных сооружений (ОС) критически важны для жизнедеятельности городов. Первую очистку сточных вод произвели в 1889 г. в Англии. Несколько лет спустя появились биологические системы, где загрязнение разлагались с помощью бактерий и микроорганизмов. Строить ОС повсеместно начали позже – в 1940–1960-х годах. В итоге сейчас мир стоит на пороге масштабной реконструкции и совершенствования гидротехнических сооружений. Современные очистные сооружения представляют собой технологичные комплексы, позволяющие добиться высокого качества очистки сточных вод и сделать все процессы максимально эффективными и безвредными для окружающей среды. Примером успешной модернизации являются очистные сооружения польского города Томашув-Мазовецки, которые в 2014–2015 гг. прошли масштабную реконструкцию. Объект оснащён комплексным решением компании Grundfos: турбокомпрессорами, насосами, аэраторами, мешалками, образователями потока и диффузорами.

Требования к реконструкции

Томашув-Мазовецки расположен на берегу реки Пилица (приток Вислы), в 100 км к юго-западу от Варшавы. В городе площадью 41,3 кв. км проживает 80 000 человек. Населённый пункт ведёт свою историю с начала XIX века, но очистные сооружения появились здесь лишь в 1970 г., и на сегодняшний день они уже морально устарели. К тому же за последнее десятилетие население города выросло почти на 20%, что увеличило нагрузку, и в итоге ОС перестали справляться с поступающими объёмами канализационных вод. Именно поэтому было принято решение о полной реконструкции очистных сооружений с совершенствованием процесса очистки и увеличением их мощности. Особого внимания потребовала биологическая обработка стоков. Считается, что это самая сложная и энергоёмкая стадия во всём цикле очистки¹. Кроме того, сбрасываемые воды попадают в водохранилище Залев-Сулеювски (Zalew Sulejowski, длина — около 17 км, максимальная ширина — 2 км, площадь поверхности — 2700 га), на берегах которого проживает 1,5 млн человек, так что перед проектировщиками стояла задача добиться высокого качества их обработки.

Основным методом биологической очистки в г. Томашув-Мазовецки была выбрана аэрация, т.е. перемешивание жидкости с активным илом² и насыщение её кислородом с целью окисления и разрушения органических соединений. Этот способ позволяет развиваться аэробным³ микроорганизмам, жизнедеятельность которых приводит к удалению азота, фосфора и других органических веществ. Все процессы протекают в искусственно созданных условиях в специальных резервуарах – аэротенках.



Очистные сооружения, г. Томашув-Мазовецки, Польша

Местный муниципалитет, которому принадлежат гидротехнические сооружения, поставил перед потенциальным поставщиком решений довольно строгие условия. В частности, требовалось:

- спроектировать энергоэффективную систему аэрации с использованием самых современных технических решений;
- обеспечить возможность протекания процесса насыщения жидкости кислородом и перемешивания с илом в неглубоких резервуарах, до 3,9 м;
- найти комплексное решение для биологической очистки от одного поставщика, снизив таким образом затраты на логистику и обеспечив удобство наладки и последующей эксплуатации оборудования;
- предварительно смоделировать систему, представив детальную схему расположения оборудования по циклу;

1. В целом цикл очистки включает механический, биологический, физико-химический этапы, этап доочистки и обработку осадков.

2. Активный ил – биоценоз зоогенных скоплений (колоний) бактерий и простейших организмов, которые участвуют в очистке сточных вод. Применяется в биологической очистке сточных вод. Данный метод был изобретён в Великобритании в 1913 году. Биологическая очистка сточных вод осуществляется с целью удаления из них органических веществ, в том числе соединений азота и фосфора.

3. Организмы, которые нуждаются в свободном молекулярном кислороде для процессов синтеза энергии.

- обеспечить очистку со следующими параметрами: БПК5 – 15 мг/л, содержание азота – 10 мг/л, фосфора – 1 мг/л;
- подобрать максимально эффективное оборудование для всех остальных процессов – механической очистки, сброса стоков, обработки осадков и пр.

Со всеми поставленными задачами справился Концерн Grundfos. Компания выступила главным поставщиком оборудования, а её специалисты оказали помощь в проектировании и установке насосов, а сейчас осуществляют сервисное обслуживание оборудования.

Схема биологической очистки стоков

В качестве решения для нагона воздуха в аэраторы на очистных сооружениях в г. Томашув-Мазовецки выбрали турбокомпрессоры PillAerator модели LP8000. Было установлено 5 воздуходувок: 4 рабочих и одна резервная. Технические параметры оборудования следующие:

- максимальная производительность каждого турбокомпрессора – 6315 м³/ч, рост давления – 25–80 кПа;
- мощность воздуходувки – 150 кВт;
- максимальная суммарная производительность всех устройств – 22 000 м³/ч, при этом обеспечивается КПД 83,5%;
- номинальная суммарная производительность – 16 000 м³/ч, КПД – 84%.

Для максимально эффективного управления четырьмя одновременно работающими компрессорами используется электронный блок BrainBox. Он позволяет выбрать оптимальную комбинацию рабочих воздуходувок, что обеспечивает не только автоматическое подключение и отключение того или иного компрессора, но и учёт максимального КПД устройств. При помощи BrainBox можно подобрать идеальную производительность для любой из машин в группе, что позволяет существенно экономить энергию, ведь оборудование не работает круглосуточно на полную мощь.

Как комментирует Игорь Кинаш, заместитель директора Департамента по реализации проектов, ООО «ГРУНДФОС»:

«По статистике, самым энергоёмким оборудованием на очистных сооружениях, является компрессоры. На них приходится до 70% потребляемой ОС электроэнергии. Поэтому для данного проекта специалисты Grundfos выбрали инновационные турбокомпрессоры Piller, которые были специ-



Турбокомпрессор PillAerator на ОС г. Томашув-Мазовецки

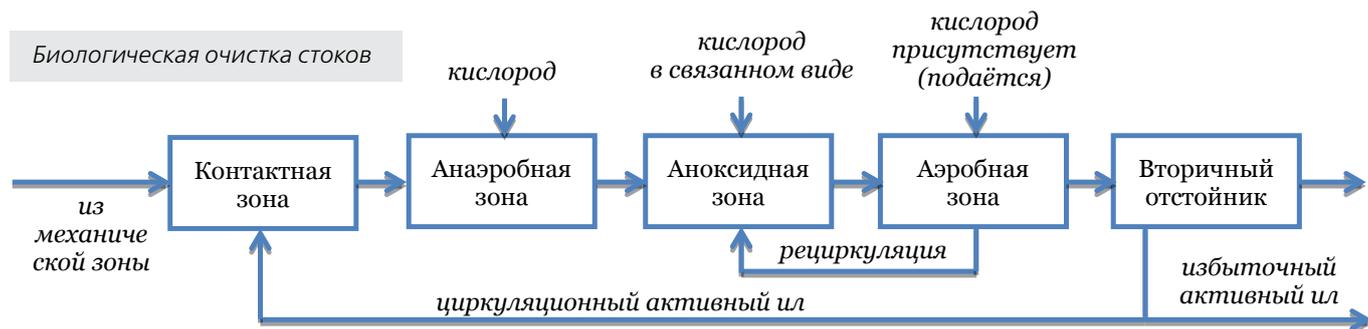
ально разработаны исходя из соображений максимальной энергоэффективности и надежности. Особенностью моделей PillAerator⁴ является герметичный компрессорный блок, включающий в себя:

- монолитный импеллер из нержавеющей стали, изготовленный на высокоточном фрезерном станке с ЧПУ;
- высокооборотистый электродвигатель на постоянных магнитах (скорость вращения до 30 000 об/мин) с частотным преобразователем;
- модуль магнитных подшипников, исключающий потери на трение;
- герметичный кожух, который гарантирует подачу чистого воздуха в систему.

Турбокомпрессоры PillAerator существенно превосходят по характеристикам до сих пор использующиеся роторные и центробежные компрессоры (как одноступенчатые, так и многоступенчатые). А преобразователь частоты позволяет обеспечить регулировку в диапазоне от 15 до 100% мощности оборудования с КПД до 88%.

Нагнетаемый компрессором воздух поступает в распределительные воздухопроводы с установленными на них диффузорами серии SAD от Grundfos. Всего в технологическом процессе очистки задействовано 1520 элементов, которые обеспечивают распределение пузырьков кислорода в аэротенке.

За перемешивание и создание в резервуарах однородной среды на очистных сооружениях г. Томашув-Мазовецки отвечают мешалки Grundfos серий AMD и AMG и агитаторы потока AFG. Всего их установлено 30 шт. Ключевое преимущество данного оборудования перед аналогичными реше-



4. Сокращённо – Piller.



Агитаторы потока Grundfos на ОС г. Томашув-Мазовецки

ниями – самоочищающиеся пропеллеры из нержавеющей стали. Они снижают риск повреждения и «заклинивания» оборудования из-за загрязнений.

Наряду с мешалками в процессе биологической очистки используются рециркуляционные насосы SRP с коррозионноустойчивым литым рабочим колесом. Оборудование отвечает за перекачивание активного ила из одного резервуара в другой. «Именно компактность диффузоров, мешалок и рециркуляционных насосов от Grundfos позволила выполнить требования заказчика по устройству неглубоких аэротенков», – говорит Игорь Кинаш.

БОС⁵ в г. Томашув-Мазовецки также включает в себя и физико-химическую обработку стоков: в воды добавляют реагенты (коагулянты и флокулянты), которые вступают в реакцию с загрязнениями, связывают и осаждают их в виде нерастворимых соединений. Таким образом происходит очистка от тонкодисперсных и растворённых неорганических примесей. Реагенты подают пять цифровых дозирующих насосов DDA с микропроцессорным управлением (относятся к линейке Smart Digital).

Оборудование отличается широким диапазоном регулирования – 1:3000, т.е. одна и та же модель может работать в диапазоне от 2,5 мл/ч до 7,5 л/ч, что особенно актуально для очистных сооружений с неравномерной нагрузкой. Благода-



Процесс аэрации, ОС г. Томашув-Мазовецки

ря интеллектуальным функциям регулирования расхода и автоадаптации потока модели DDA позволяют снизить расход дорогостоящих реагентов в среднем на 25% и увеличить межсервисный интервал более чем на 50%.

Очищенные воды отправляются на выпуск, где под давлением сбрасываются в водоём. Необходимый напор создают установки повышения давления Grundfos Hydro Multi-E и Hydro MPC. Первая собрана на базе вертикальных моделей CRIE. Проточная часть таких насосов изготавливается из нержавеющей стали марки EN1.4301/AISI 304. Такое решение делает их устойчивыми к перекачиваемой жидкости. Насосы в специальном исполнении используются и во второй установке – Hydro MPC. В данном случае установлены горизонтальные консольные модели NBG, выполненные полностью из коррозионноустойчивой стали.

Обработка осадка

В процессе биологической очистки образуются сырые студенистые суспензии, которые нужно удалять. Обработка осадка на ОС заключается в уплотнении, стабилизации, кондиционировании, обезвоживании и термообработке. Как правило, в указанных процессах используются насосы – в частности, на очистных сооружениях г. Томашув-Мазовецки смонтировано 4 модели S и 14 моделей SE/SL⁶ от Grundfos. Как отмечают специалисты, данное оборудование имеет оригинальные технические решения. Насосы снабжены свободновихревыми рабочими колёсами Super Vortex, которые спроектированы специально с учётом большой пропускной способности. Они имеют запатентованную конструкцию, обеспечивающую оптимальное перекачивание жидкостей с повышенным содержанием абразивных и длинноволоконистых включений. У традиционных рабочих колёс свободновихревого типа велики потери на образование вихрей. Но специальная форма лопастей SuperVortex обеспечивает оптимальный профиль скоростей и снижает образование дополнительных вихрей, тем самым повышая гидравлический КПД.

Основным преимуществом компании Grundfos на ОС г. Томашув-Мазовецки стало комплексное решение. Специалисты производителя следили за проектными работами, поставкой и установкой оборудования, вводом в эксплуатацию. Эксперты разработали руководства и инструкции для обслуживающего персонала и приняли очистные сооружения на свой контроль.

Выполнение проектов, подобных реконструкции ОС г. Томашув-Мазовецки, возможно и в России. Зарубежный опыт должен помочь в реализации требований Федерального закона № 461 «О водоснабжении и водоотведении» на пути совершенствования водоканалами систем очистки и достижения целей программы по развитию ВКХ, согласно которой к 2020 г. в РФ запланировано построить и реконструировать 225 очистных сооружений.

Пресс-служба Grundfos

⁵ Биологические очистные сооружения

⁶ Насосы SE/SL разработаны для перекачивания сточных вод в различных муниципальных, бытовых и промышленных системах. Между собой они различаются системой охлаждения электродвигателя: у моделей SE она независимая, поэтому насосы пригодны как для погружной, так и для сухой установки; в оборудовании SL охлаждение двигателя происходит за счёт перекачиваемой жидкости, и насосы используются только для погружного монтажа.

Вода в промышленности-2016

25-26 октября 2016 г. в ГК Измайлово (г. Москва) прошла седьмая межотраслевая конференция «Вода в промышленности-2016», посвященная демонстрации лучших технологий и оборудования для водопользования, водоподготовки, водоочистки и водоснабжения промышленных предприятий.

Организатор конференции: ООО «ИНТЕХЭКО» (инновационные технологии и экология). Одним из основных видов деятельности «ИНТЕХЭКО» является организация научно-практических конференций по вопросам модернизации и реконструкции производств, газоочистки, водоочистки, экологии, промышленной и экологической безопасности предприятий металлургии, машиностроения, энергетики, химической, нефтегазовой, целлюлозно-бумажной, цементной и других отраслей промышленности. Специалистами компании было проведено более 55 конференций и семинаров. Среди них: «МЕТАЛЛУРГИЯ-ИНТЕХЭКО-2008-2016», «АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА-201-2016», «ЭКОБЕЗОПАСНОСТЬ-2010-2016», «РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ-2009-2016», «НЕФТЕГАЗ-ИНТЕХЭКО-2008-2011», «ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА-2008-2016», «ВОДА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ-2010-2016», «АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА - 2010-2016».



Промышленность является одним из главных потребителей водных ресурсов и основным источником загрязнения воды, но на многих предприятиях существующие очистные сооружения работают по устаревшей технологии с использованием морально и физически изношенного оборудования. Ежегодная конференция «Вода в промышленности», на основе практического опыта, помогает сделать выбор эффективных современных технологий для водоочистки и контроля качества воды. Дефицит водных ресурсов вызывает необходимость применения новейших технологий очистки и повторного использования воды, а также потребность в постоянном мониторинге её качества. От правильного выбора решений оборудования

зависит не только экология, но и безопасность и экономика предприятий всех отраслей промышленности.

Как сообщает Журнал «Вода Magazine»: «Участие в седьмой межотраслевой конференции «Вода в промышленности-2016» приняли более 170 делегатов от предприятий металлургии, энергетики, химической, нефтегазовой и других отраслей промышленности, ведущих разработчиков и производителей водоочистного оборудования, контрольно-измерительных приборов и материалов, научных и проектных институтов, инженеринговых и сервисных компаний России и зарубежных стран.

Тексты всех докладов конференции опубликованы в итоговом сборнике докладов, электронная версия которого, размещена в свободном доступе на сайте организатора www.intecheco.ru. В него вошли материалы по следующим темам: водоочистное оборудование, технологии фильтрации, отстаивания, ультрафиолета, абсорбции, озонирования, глубокого окисления, нанотехнологии, автоматизация водоснабжения, приборы измерения и учета воды, комплексы анализа и контроля качества воды, насосы и арматура, новейшие решения и оборудование для систем водоочистки, водоподготовки, водоснабжения и водоотведения в металлургии, энергетике, машиностроении, цементной, химической, нефтегазовой и других отраслях промышленности.



МОНТАЖНЫЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Дорогие читатели, партнеры и авторы журнала!

Напоминаем вам, что идет подписная компания на следующий год.

Не забудьте оформить подписку на журнал. А мы, в свою очередь, будем по-прежнему подбирать полезные и актуальные для вас материалы, приглашать к сотрудничеству авторов-исследователей, имеющих ценный опыт и собственные разработки в сфере специального строительства.

Оформить подписку очень просто:

Напишите электронное письмо на редакционную почту mcc-work@mail.ru

В письме укажите:

- МЕСЯЦ, С КОТОРОГО ВЫ ХОТИТЕ ПОЛУЧАТЬ ЖУРНАЛ,
- СРОК ПОДПИСКИ (КОЛИЧЕСТВО МЕСЯЦЕВ),
- КОЛИЧЕСТВО ЭКЗЕМПЛЯРОВ,
- АДРЕС ДОСТАВКИ,
- ФАМИЛИЮ И.О. (ДЛЯ ЧАСТНЫХ ЛИЦ) ИЛИ РЕКВИЗИТЫ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ.

Ответным письмом редакция вышлет счет, оплатив который, Вы начнете получать журнал с указанного Вами месяца заказным письмом.

Мы стремимся выпускать не просто информационное СМИ, а превратить каждый номер в площадку для обмена профессиональной информацией. Нас очень радует, когда читатели присылают на электронный адрес редакции комментарии к опубликованным материалам, делятся своей точкой зрения и знаниями. В ответ мы всегда стараемся, чтобы такое общение переросло в сотрудничество.

Поэтому, любой читатель, имеющий профессиональные знания и опыт может стать автором. Даже если у Вас нет опыта написания статей для СМИ, то мы сами подготовим материал, пользуясь Вашей консультацией.

Телефон для справки: (347) 242-02-73 (Уфа)



18th
SPECIALIZED EXHIBITION
FOR CONSTRUCTION
MATERIALS



18-я
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ

ОСМ 2017



ufi
Approved
Event

24-27 января
January

Москва, ЦВК «Экспоцентр», пав.№7
Pav. №7, Expocentre Fairgrounds, Moscow

В рамках выставки / In the Frame of Exhibition:

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА СТАНКОВ,
ОБОРУДОВАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЙ И СЫРЬЯ ДЛЯ
ИНДУСТРИИ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
SPECIALIZED SHOW FOR CERAMIC INDUSTRY MACHINERY,
EQUIPMENT, TECHNOLOGY AND RAW MATERIALS

CERAMATECH

Электронный пригласительный билет
на www.osmexpo.ru

Организатор: ЕВРОЭКСПО  EUROEXPO

При содействии:  ЭКСПОЦЕНТР

Генеральный
спонсор:



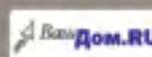
Спонсор
Спонсоры:



Стратегический
партнер:



Генеральный
ММД-ПАРТНЕР:



Органический
интернет-партнер:



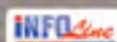
Партнер
Интернет-партнер:



Партнер
модель-партнер:



Официальный
информационный
агент:



Вертикальная
партнер-дилер
программа:



КРАСОТА МОМЕНТА

Продолжаем публиковать эффектные фотографии объектов



ТРАНСПОРТИРОВКА
КОМПАНИЕЙ «БЕЛУГА»
ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РЕГЕНЕРАТОРА
P-202 УСТАНОВКИ
КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА
Г-43-107/М1 ПО ТЕРРИТОРИИ
УФИМСКОГО НПЗ ПАО
«АНК «БАШНЕФТЬ».



Монтажно-такелажными работами с негабаритными и тяжеловесными грузами называют комплекс мероприятий, направленных на поднятие, перемещение и установку объектов на фундамент. На фотографиях запечатлен момент переноса объекта через эстакаду. Работы производились с помощью собственного специального оборудования: специализированные комплекты домкратов, системы горизонтального перемещения Skidding System и гидравлической портальной системы SBL 1100, грузоподъемностью до 1100 т.

Компания «Белуга Проджектс Лоджистик» — ведущий российский эксперт в сфере негабаритных и тяжеловесных перевозок. К её услугам прибегают предприятия из таких отраслей как нефтедобыча, нефтепереработка, добывающая промышленность, энергетика (в том числе электро-, атомная, гидро-), а также крупнейшие экспедиторы.