

УДК 699.8:624.95

**А. М. ЮГОВ, И. Г. ПАВЛОВА**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УСТРОЙСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ РЕЗЕРВУАРА ВЕРТИКАЛЬНОГО СТАЛЬНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ОБЪЕМОМ 50.000 М<sup>3</sup> ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Представленная статья посвящена вопросам, которые связаны с технологическим процессом устройства теплоизоляционной защиты наземных вертикальных стальных цилиндрических резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов. Теплоизоляционная защита резервуаров может выполняться только на стенке или на стенке и стационарной крыше, что необходимо учитывать при выборе технологического процесса.

**стальной вертикальный цилиндрический наземный резервуар, РВС, нефть и нефтепродукты, теплоизоляция, технологический процесс, технико-экономические показатели**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Анализ исследований ученых в области технологии и организации строительного производства позволил обратить внимание на выявление основных закономерностей и факторов, влияющих на процесс устройства теплоизоляционной защиты резервуаров, исследование технологических процессов и полный типологический анализ для дальнейших научно-практических исследований.

Вязкие нефтепродукты должны храниться в резервуарах, имеющих теплоизоляционное покрытие и оборудованных средствами подогрева, которые обеспечивают сохранение качества нефтепродуктов, их технологические свойства и пожарную безопасность [1]. Теплоизоляция резервуаров выполняется с целью обеспечения относительного постоянства температуры выше уровня кристаллизации содержимого емкости в течение суток при колебаниях температуры наружного воздуха, избежания промерзания стенок сооружения и образования на них конденсата в холодный период года, стабильности и безопасности производственного процесса.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Известны результаты теоретических и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых в области теплоизоляции зданий и сооружений, а также указания по обследованию производственных зданий и сооружений тепловых электростанций, подлежащих реконструкции [2], правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов [3] и нормы их проектирования. Академик И. М. Губкин, один из основоположников нефтяной промышленности Российской Федерации, ставил перед собой задачу поиска необходимых материалов для хранения производных нефтяного крекинга. В начале XX века пенополиуретан еще не был изобретен, поэтому утепление емкостей, резервуаров, трубопроводов выполнялось при помощи волокнистых материалов, прежде всего каменной ваты. При всех своих достоинствах она была еще менее пригодна для теплоизоляции, чем в жилых домах, ибо изнашивалась очень быстро, а стоила несоизмеримо дорого. В результате технического прогресса были изобретены и открыты наиболее оптимальные материалы для утепления емкостей и резервуаров.

## ЦЕЛИ

Определение наиболее рационального и экономически эффективного технологического процесса теплоизоляционной защиты стального вертикального цилиндрического наземного резервуара объемом 50.000 м<sup>3</sup>.

*1. Необходимость теплоизоляционной защиты наземных вертикальных стальных цилиндрических резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов*

Тепловая изоляция предназначена для снижения интенсивности процессов распространения и передачи тепла через стенки резервуара и оборудования. Также к основному назначению теплоизоляции резервуаров относится защита их от перегрева под воздействием прямых солнечных лучей. Температура начала кипения жидких углеводородов нефтепродуктов составляет порядка +40 °С, далее уже запускается процесс испарения, что самым негативным образом влияет на окружающую среду и состояние воздуха. В летний период и в жарких регионах резервуар может нагреться выше +80 °С. В этом случае потери нефтепродуктов могут составлять до 40 % от общего объема ёмкости.

Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов – один из важных путей экономии топливно-энергетических ресурсов, играющих ведущую роль в развитии экономики и интенсификации общественного производства. Ущерб, наносимый этими потерями народному хозяйству, состоит не только в уменьшении топливных ресурсов и в стоимости теряемых продуктов, но и в отрицательных экологических последствиях, которые являются результатом загрязнения окружающей среды нефтепродуктами. По данным исследований, в системе транспорта и хранения примерно 75 % потерь нефти и нефтепродуктов происходит от испарения и только 25 % от аварий и утечек. Всякое выталкивание паровоздушной смеси из газового пространства резервуара в атмосферу сопровождается потерями нефтепродукта, испарившегося в газовое пространство – это и есть потери от испарения. В условиях рыночной экономики к выбору средств сокращения потерь нефтепродуктов надо подходить с учетом не только достигаемого положительного эффекта (в данном случае – уменьшение выбросов углеводородов в атмосферу), но и стоимости изготовления (приобретения) и эксплуатации данного средства. Сокращение потерь нефтепродуктов экономически целесообразно, если это дает экономический эффект, равный разности между стоимостью сэкономленного нефтепродукта и потребованной для этого затратами [4]. Следует также отметить, что в резервуарах, предназначенных для хранения вязких нефтепродуктов, используются специальные системы обогрева. И чтобы повысить экономическую эффективность и уменьшить затраты на энергопотребление необходимо обязательно наличие теплоизоляции.

*2. Конструктивные решения устройства теплоизоляции резервуара объемом 50.000 м<sup>3</sup>*

При разработке проекта теплоизоляции должны приниматься во внимание следующие аспекты взаимодействия конструкций резервуара и элементов изоляции:

- нагрузка на элементы резервуара от собственного веса теплоизоляции;
- ветровая нагрузка и ее восприятие собственно изоляцией и стенкой резервуара;
- разница тепловых перемещений стенки и наружных элементов изоляции;
- нагрузка на элементы изоляции от радиальных перемещений стенки при гидростатической нагрузке;
- нагрузка на элементы стационарной крыши (не имеющей теплоизоляции) от резкого охлаждения настила, например, в случае дождя [3].

Требования пожарной безопасности определяют выбор теплоизоляционного материала и конструкции в соответствии с нормами технологического проектирования соответствующих отраслей промышленности с учетом положений СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» [6]. При выборе материалов теплоизоляционного слоя и защитного покрытия для теплоизоляционных конструкций учитывается поведение теплоизоляционной конструкции в целом в условиях пожара. Пожарная опасность теплоизоляционных конструкций наряду с другими факторами зависит от горючести и температуростойкости защитного покрытия, его механической прочности в условиях огневого воздействия. Долговечность теплоизоляционного материала зависит от особенностей конструкции, месторасположения изолируемого объекта, режима работы оборудования, агрессивности окружающей среды, механических нагрузок, наличия вибраций.

В качестве утеплителя для выполнения теплоизоляции стального вертикального резервуара могут применяться изделия из минеральной ваты, различных засыпной материал – керамзит, пенополистирол, пеностекло, напыляемый материал – пенополиуретан (ППУ), вспененный

каучук, лакокрасочный изоляционный материал, диатомовая скорлупа. Наружная обшивка должна выполняться из алюминиевых или оцинкованных стальных профилированных листов, кирпича.

Теплоизоляция емкостей напыляемым ППУ выглядит достаточно просто, тем не менее конечный результат получается только на основе сочетания нескольких составляющих. Высокая квалификация исполнителя, высокотехнологичное современное оборудование одинаково важны при создании из ППУ теплоизоляции, что влечет за собой повышенные затраты. Часто используется дополнительное покрытие «гипердесмо» при утеплении емкостей напыляемым ППУ. Подобная защитная мембрана укрепляет прочность всей конструкции и повышает срок ее эксплуатации. Время службы данных объектов не менее 35 лет. Материалы характеризуются высокой устойчивостью к агрессивным средам щелочей, кислот, масел, растворителей и других нефтепереработанных продуктов. Основным преимуществом данного метода утепления резервуара является ремонтпригодность. При механических повреждениях на отдельном участке производится локально распыление ППУ и его напыление, и функциональность покрытия целиком восстанавливается. К основным достоинствам ППУ также можно отнести: малый коэффициент теплопроводности (минимум 0,019 Вт/м·К), что гарантирует даже при малой толщине теплоизоляции (30 мм) высокоэффективный результат (держит требуемую температуру в емкости даже при 0 °С); наносится методом напыления, что позволяет получить бесшовный слой изоляции без воздушных зазоров с высокой степенью адгезии к металлическим поверхностям; имеет закрытую структуру ячеек, которая является эффективным барьером для проникновения влаги как в виде воды, так и в виде пара, поэтому с напыляемым пенополиуретаном никаких сложных «пирогов» из гидроизоляции, пароизоляции и т. д. не понадобится; технология напыления ППУ значительно сокращает время и трудоёмкость работ (укрываемость 450–500 м<sup>2</sup> за смену); обладает высокой устойчивостью к воздействию химических веществ, погодных условий, насекомых и грызунов и служит порядка 30 лет и более без какого-либо обслуживания; высокая скорость отверждения; удобство нанесения на вертикальную поверхность [5].

На данный момент наиболее часто применяется утепление, когда на приваренные стальные стыки насаживают плиты утеплителя из минеральной ваты, а затем сверху обваривают стальными листами. Плюсом данной конструкции является ремонтпригодность. С резервуарами регулярно производятся регламентные работы и текущий ремонт. Практически все эти работы будут приводить к нарушению тепловой изоляции, которую своими силами при нанесении пенопласта или каучука не восстановить. К основным недостаткам, исходя из схемы монтажа конструкции из минеральной ваты и оцинкованных или стальных листов, можно отнести следующие: из-за того, что минеральная вата устанавливается дискретно (плитами, рулонами) в изоляционном слое присутствуют зазоры и щели, через которые возможны утечки тепла; большое количество фиксирующих скоб и штырей являются «мостиками холода», через которые тепло активно уходит в атмосферу, что значительно снижает теплоизоляционный эффект; при значительной разнице температур между стальной облицовкой и минеральной ватой будет образовываться конденсат, а так как минеральная вата гигроскопична, это повлияет на её теплоизоляционные свойства и общий срок эксплуатации; монтаж конструкции теплоизоляции очень трудоемок и требует значительных человеко-часов. В резервуарах, которые утеплены пенопластом, после 5–6 лет эксплуатации возникают проблемы с коррозией, особенно в районе уторного шва. К тому же пенопласт требует привлечения специализированной организации для нанесения смеси, минераловатный утеплитель устанавливают, как правило, своими силами.

### *3. Технологический процесс устройства теплоизоляции резервуара объемом 50.000 м<sup>3</sup>*

Метод производства строительно-монтажных работ по технологии устройства теплоизоляции стального вертикального резервуара – поточный. В исключительных случаях возможно применение последовательного или параллельного методов.

Для поточного метода характерно:

1. Расчленение работы на составляющие процессы в соответствии со специальностью и квалификацией исполнителей.
2. Расчленение фронта работ на отдельные участки для создания наиболее благоприятных условий работ отдельным исполнителям.
3. Максимальное совмещение процессов во времени.

При последовательном методе строительства предполагается максимальная продолжительность работ. Уровень потребления ресурсов будет минимальным, а длительность потребления – максимальной. Каждый из видов ресурсов будет участвовать кратковременно, так как в процессе устройства

теплоизоляции резервуара периодически требуются рабочие разных специальностей, различные машины, механизмы и материалы [7]. Параллельный метод обеспечивает минимальную продолжительность, так как срок проведения работ равен сроку устройства теплоизоляции резервуара в целом. Однако здесь также, как и при последовательном методе, вид и количество потребляемых ресурсов постоянно изменяются в зависимости от периода строительства. При параллельном методе одновременно начинается и заканчивается устройство теплоизоляции разных частей резервуара.

Возможные варианты технологического процесса по устройству теплоизоляции стального вертикального резервуара – по слоям и захватками (по частям). При устройстве теплоизоляции резервуара по слоям к монтажу конструкций каждого очередного слоя необходимо приступать только после окончания монтажа конструкций предыдущего слоя. Монтаж одного горизонтального слоя можно считать законченным, если установлены полностью все конструкции по периметру резервуара. Разбивку резервуара на захватки производят с учетом обеспечения необходимой устойчивости и пространственной жесткости несущих конструкций в условиях их самостоятельной работы в пределах захватки. Необходимо, чтобы границы захваток совпадали с конструктивным членением резервуара температурными и осадочными швами, что обеспечивает возможность прекращения и возобновления работы без нарушения технических условий работы резервуара.

Рассмотрим применение поточного метода производства строительно-монтажных работ по технологии устройства теплоизоляционной защиты резервуара с применением минераловатных плит на примере типового проекта, разработанного в соответствии с требованиями СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» [6]. Крепление основного теплоизоляционного слоя выполняется на одинарных штырях из проволоки Ø5 мм. Штыри привариваются к очищенной и подготовленной поверхности резервуара. Утеплитель насаживается на штыри, закрепляется отгибом концов штырей, выступающих над поверхностью изоляции, затем закрепляется проволокой, натянутой вокруг штырей. По продольным и поперечным стыкам плиты утеплителя сшиваются проволокой. В местах врезки трубопроводов утеплитель вырезается по месту. Покрывающий слой – листы стальные оцинкованные укладываются внахлест и закрепляются самонарезающими винтами через 350 мм. Места у выступающих частей (люк-лаз и другие люки) отделяются накладками из оцинкованных листов. Накладки крепятся по периметру саморезами. Допустимое отклонение толщины теплоизоляционного слоя от проектного значения  $\pm 5\%$ .

В процессе заготовки теплоизоляционных изделий и их монтажа особое внимание следует обратить на:

- 1) применение изделий только в высушенном состоянии;
- 2) материалы для производства теплоизоляционных работ хранить в условиях, не допускающих их увлажнения и коррозии;
- 3) плотное прилегание конструкций к изолируемой поверхности и между собой;
- 4) в случае выпадения атмосферных осадков во время монтажа, а также в конце рабочего дня изоляцию укрыть брезентом или другими влагозащитными материалами, закрепив их проволокой к закладным деталям, расположенным на поверхности цилиндрической части и крыши бака;
- 5) теплоизоляционные работы при атмосферных осадках прекратить.

#### *4. Обоснование рациональности технологического процесса устройства теплоизоляции резервуара объемом 50.000 м<sup>3</sup>*

После технологической увязки работ возникает вопрос о их корректировке по времени и трудовым ресурсам. Из существующих методов оптимизации строительных потоков, наиболее рациональными для устройства теплоизоляции данного резервуара являются следующие:

1. Перераспределение трудовых ресурсов – т. е. перевод бригад (звеньев, рабочих), занятых на работах, имеющих резервы времени, на работы, которые не имеют таких резервов. Этим способом достигается сокращение продолжительности строительства без привлечения дополнительных ресурсов.

2. Изменение очередности освоения фронтов работ в неритмичных потоках. Данный метод оптимизации не требует дополнительных ресурсов.

3. Совмещение технологических процессов во времени, т. е. разбивка общего фронта работ на частные (или их увеличение) и выполнение этих работ поточным методом. Такой способ оптимизации может потребовать дополнительных трудовых и материально-технических ресурсов. Используется методика В. А. Афанасьева [8].

## ВЫВОДЫ

Исследования показали, что поточный метод, сохраняя соответствующие преимущества последовательного и параллельного способов, позволяет избежать их недостатков – продолжительность работ будет меньше, чем при последовательном, но и интенсивность потребления ресурсов окажется меньше, чем при параллельном методе. От правильности выбора технологии утепления резервуаров напрямую зависит их срок эксплуатации. Исходя из научно-практических данных определено, что четкая организация поточного строительства позволит снизить трудоемкость работ на 15–20 %, а себестоимость на 2-3 %. В дальнейших исследованиях предполагается изучить вопросы поиска рациональных способов организации работ с применением математических методов оптимизации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту [Текст] : утв. Госкомнефтепродуктом СССР 26.12.86 / Разработчики: Г. К. Лебедев, В. Г. Колесников, Г. Е. Зиканов [и др.]. – М. : Недра, 1988. – 268 с.
2. Методические указания по обследованию производственных зданий и сооружений тепловых электростанций, подлежащих реконструкции [Текст] : СО 153-34.21.363-2003 / Министерство энергетики Российской Федерации. – М. : ЦПТИТО ОРГРЭС, 2005. – 28 с.
3. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов [Текст] : ПБ 03-605-03 / Госгортехнадзор России. – М. : ПИО ОБТ, 2003. – 170 с.
4. Коршак, А. А. Ресурсосберегающие методы и технологии при транспортировке и хранении нефти и нефтепродуктов [Текст] / А. А. Коршак. – Уфа : ДизайнПолиграфСервис, 2006. – 192 с.
5. Теплоизоляционные материалы и конструкции [Текст] : Учеб. для средних проф.-технич. учебных зав. строит. профиля / Ю. Л. Бобров, Е. Г. Овчаренко, Б. М. Шойхет, Е. Ю. Петухова. – М. : ИНФРА-М, 2003. – 268 с.
6. СНиП 2.04.14-88\*. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов [Текст]. – Взамен разд. 8 и прил. 12–19 СНиП 2.04.07-86, разд. 13 и прил. 6-8 СНиП II-35-76, СН 542-81, разд. 7 СН 527-80, разд. 6 СН 550-82, п. 1.5 СНиП 2.04.05-86 ; введ. 1990-01-01. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1998. – 28 с.
7. Дикман, Л. Г. Организация строительного производства [Текст] : Учеб. для строит. ВУЗов / Л. Г. Дикман. – М. : АСВ, 2002. – 512 с.
8. Соболев, В. И. Оптимизация строительных процессов [Текст] / В. И. Соболев. – Ростов н/Д. : Феникс, 2006. – 256 с.

Получено 13.09.2016

А. М. ЮГОВ, И. Г. ПАВЛОВА

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВЛАШТУВАННЯ  
ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО ЗАХИСТУ РЕЗЕРВУАРА ВЕРТИКАЛЬНОГО  
СТАЛЕВОГО ЦИЛІНДРИЧНОГО ОБ'ЄМОМ 50.000 М<sup>3</sup> ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ  
НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Надана стаття присвячена питанням, які пов'язані з технологічними процесами обладнання теплоізоляційного захисту наземних резервуарів РВС для зберігання нафти і нафтопродуктів. Теплоізоляційний захист резервуарів може виконуватися тільки на стінці, або на стінці і стаціонарному даху, що необхідно враховувати при виборі технологічного процесу.

**сталевий вертикальний циліндричний наземний резервуар, РВС, нафта і нафтопродукти, теплоізоляція, технологічний процес, техніко-економічні показники**

ANATOLY YUGOV, IRINA PAVLOVA

FEATURES THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF INSTALLATION OF HEAT  
INSULATION PROTECTION FOR VERTICAL CYLINDRICAL STEEL 50.000 M<sup>3</sup>  
RESERVOIR FOR STORAGE OF OIL AND OIL PRODUCTS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Presented article is devoted to the issues that are related to technological processes of heat insulation protection of terrestrial reservoirs VST for storage of oil and oil products. Insulation protection of tanks

may only be carried out on the wall or on the wall and a fixed roof, that must be considered when choosing process.

**ground steel vertical cylindrical tank, RBC, oil and oil products, insulation, process, technical and economic indicators**

**Югов Анатолий Михайлович** – д. т. н., професор, завідувач кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури, Член Української асоціації з металевих конструкцій, Член Міжнародної асоціації просторових конструкцій, Член Української спілки з неруйнівного контролю та технічної діагностики. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, технічна діагностика будівельних конструкцій, технологія і організація монтажу металевих конструкцій, робота металевих конструкцій з урахуванням монтажних станів.

**Павлова Ирина Геннадівна** – магістрант кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження технологічних процесів та конструктивних рішень теплоізоляційного захисту резервуарів для зберігання нафти і нафтопродуктів .

**Югов Анатолий Михайлович** – д. т. н, профессор, заведующий кафедрой технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, Член Украинской ассоциации по металлическим конструкциям, Член Международной ассоциации по пространственным конструкциям, Член Украинского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике. Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, техническая диагностика строительных конструкций, технология и организация монтажа металлических конструкций, работа металлических конструкций с учетом монтажных состояний.

**Павлова Ирина Геннадиевна** – магістрант кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження технологічних процесів і конструктивних рішень теплоізоляційної захисту резервуарів для зберігання нафти і нафтопродуктів.

**Yugov Anatoly** – D.Sc. (Eng.), Professor, the Head of the Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. He is a Member of Ukrainian Association of Metal Construction, Member of the International Association of spatial construction, Member of the Ukrainian Society under the undestroyed control and technical diagnostics. Scientific interests: the reliability of existing metal structures, technical diagnostics of building designs, technology and management of metal structures erection, stress-strain parameters of metal structures accounting actions during execution.

**Pavlova Irina** – Master's Degree student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the study of processes and constructive solutions insulating protection storage tanks for oil and petroleum products.