УДК 677.01
DOI 10.47367/0021-3497_2025_319

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

PROVISION OF HIGH-QUALITY THERMAL INSULATION OF ELEMENTS OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT OF TEXTILE INDUSTRIES

Н.А. ОНИПЧЕНКО, В.А. ЗЯБЛОВ, Н.А. ГРУЗИНЦЕВА, А.А. ПАНОВА

N.A. ONIPCHENKO, V.A. ZYABLOV, N.A. GRUZINTSEVA, A.A. PANOVA

(Ивановский государственный политехнический университет)
(Ivanovo State Polytechnic University)

E-mail: k_ikg@ivgpu.ru; k_mtsm@ivgpu.ru

Технологическое оборудование текстильных производств (прядильного, ткацкого, отделочного) обладает повышенной энергоемкостью ввиду использования, помимо электрической энергии, других видов энергоносителей, а именно: горячего воздуха, перегретого пара, холодной и горячей воды, которые подаются по трубопроводам с соответствующей теплоизоляцией. Утеплитель для трубопроводов не позволяет образовываться на поверхности трубы конденсату, в результате чего она не подвергается коррозии. Кроме этого, с помощью теплоизоляции достигается противостояние разрушениям коммуникации при внутренних колебаниях давления, а также уменьшается шум, который возникает при перемещении внутренней среды. Для открытых технологических трубопроводов производственных участков в качестве теплоизоляционного материала широко используется минеральная вата из базальтовых волокон, т. к. при нагревании утеплитель не выделяет каких-либо токсичных веществ.

Цель исследования состоит в обеспечении качественной теплоизоляции переходных участков и узлов со сложной конфигурацией трубопроводов текстильного оборудования. Предложены и реализованы операции, связанные с маркировкой границ переходного участка трубопровода, проведением его фотограмметрии для получения файла облака точек его поверхности, осуществлением цифрового построения виртуального переходного участка с последующим изображением составляющих разверток элементов поверхности переходного участка трубопровода с указанием фактических геометрических размеров, проведением проецирования цифровых изображений разверток элементов поверхности переходного участка трубопровода на поверхность теплоизоляционного прошивного мата, и другие операции.

The technological equipment of textile industries (spinning, weaving, finishing) has an increased energy intensity due to the use of other types of energy carriers besides electric energy, namely hot air, superheated steam, cold and hot water, which are supplied through pipelines with appropriate thermal insulation. The insulation for pipelines does not allow condensation to form on the surface of the pipe, as a result of which it does not corrode. In addition, with the help of thermal insulation, resistance to damage to communications is achieved with fluctuations in internal pressure, as well as noise resulting from the movement of the internal environment is reduced. For open process pipelines of production sites, basalt fiber mineral wool

is widely used as a thermal insulation material, since the insulation does not emit any toxic substances when heated.

The purpose of the study is to provide high-quality thermal insulation of transition sections and nodes with a complex configuration of textile equipment pipelines.

Operations related to marking the boundaries of the transition section of the pipeline, conducting its photogrammetry to obtain a cloud file of points on their surface, digitally constructing a virtual transition section followed by visualization of composite scans of the surface elements of the transition section of the pipeline indicating the actual geometric dimensions, and projecting digital images. images of scans of the surface elements of the transition section of the pipeline to the surface of the thermal insulation stitching mat and other operations.

Ключевые слова: текстильное оборудование, технологические трубопроводы, переходные участки, теплоизоляция, критерии обеспечения качества, инновационные решения.

Keywords: textile equipment, technological pipelines, transition sites, thermal insulation, quality assurance criteria, innovative solutions.

Введение

На современном этапе произошли определенные изменения в отдельных процессах текстильной и легкой промышленности [1], где значительный прогресс достигнут за счет применения современного технологического оборудования, создания инновационных текстильных материалов с улучшенными свойствами, внедрения методов бережливого производства. Все эти технологические и организационные решения способствуют существенному повышению качества и конкурентоспособности производимой текстильными предприятиями продукции.

Технологическое оборудование текстильных производств (прядильного, ткацкого, отделочного) обладает повышенной энергоемкостью [2] ввиду использования, помимо электрической энергии, других видов энергоносителей, а именно: горячего воздуха, перегретого пара, холодной и горячей воды.

Таблица 1

Производство	Изображение	Элементы оборудования
Получение химических волокон сухим способом		Трубопроводы для подачи горячего воздуха в зону формирования химических нитей
Шлихтование основных нитей для процесса ткачества		Трубопроводы для подвода нагретого пара к сушильным барабанам
Процессы отварки и беления суровых тканей		Трубопроводы для подачи нагретого пара и горячей воды к оборудованию

В табл. 1 приведены процессы получения химических волокон сухим способом [3], шлихтования основных нитей для последующего процесса ткачества [4], отварки и беления суровых тканей [5], использующие различные виды энергоносителей.

Для технологических коммуникаций, транспортирующих горячую и холодную жидкую среду, горячий воздух и перегретый пар к текстильному оборудованию, требуется дополнительная теплозащита. Утеплитель для трубопроводов не дает образовываться на поверхности трубы конденсату, в результате чего она не подвергается коррозии. Кроме этого, с помощью теплоизоляции достигается некоторое противостояние разрушениям коммуникации при внутренних колебаниях давления, а также уменьшается шум, который возникает при перемещении внутренней среды.

Для открытых технологических трубопроводов производственных участков в качестве теплоизоляционного материала широко используется минеральная вата, например, из базальтовых волокон, т. к. при нагревании утеплитель не выделяет каких-либо токсичных веществ.

Методы исследования

Для реализации цели в направлении обеспечения качественной теплоизоляции с использованием волокнистых теплоизоляционных материалов предварительно сформулировали критерии, установленные для теплоизоляции элементов технологического оборудования:

- исключение «мостиков холода», влияющих на воздействие внешней атмосферы на поверхность трубопровода;

- возможность многократного использования теплоизоляционного изделия на участке теплоизоляции;

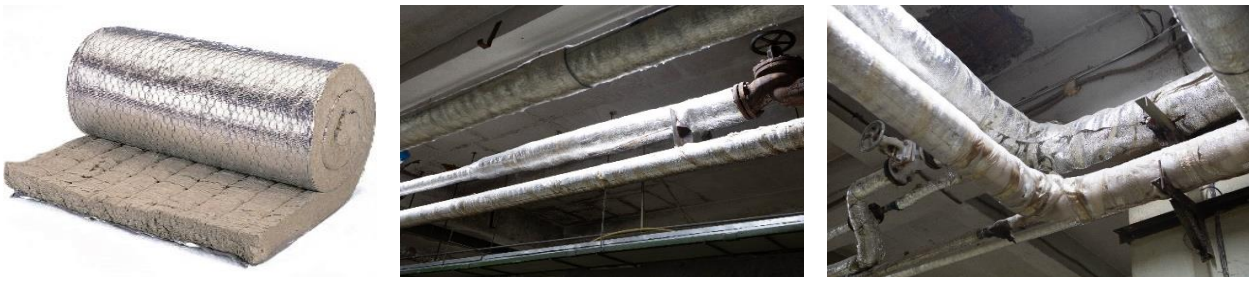
- обеспечение быстрого доступа к поврежденным участкам трубопровода;

- повышение надежности и улучшение внешнего вида теплоизоляции.

Отдельные критерии определены требованиями нормативных документов. Например, в своде правил СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» для изоляции узлов (участков) сложной конфигурации (угловых и торцовых переходов, арматуры, сальниковых компенсаторов и фланцевых соединений) трубопроводов горячего и холодного водоснабжения следует применять преимущественно съемные теплоизоляционные конструкции. В качестве теплоизоляционного слоя в этих конструкциях наибольшее применение в практике находят теплоизоляционные изделия (маты) из минерального волокна, выпускаемые различными российскими промышленными предприятиями по ГОСТ 21880-2011, ГОСТ 31309-2005, ГОСТ 32313-2020.

Под теплоизоляционным матом в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 21880-2011 «Маты из минеральной ваты прошивные теплоизоляционные. Технические условия» понимают гибкое волокнистое теплоизоляционное изделие, которое может быть облицовано тканью (базальтовой, кремнеземной, стеклотканью) или алюминиевой фольгой (рис. 1, а), а также прошито нитками сплошными швами в продольном или поперечном направлении, где расстояние между швами и шаг шва может нормироваться. Отмечаем, что данное композитное текстильное изделие относится к изделиям технического назначения и обеспечение его качества осуществляется на различных этапах жизненного цикла [6, 7].

Анализ известных инновационных технических решений по теплоизоляции трубопроводов [8, 9] волокнистыми изделиями показывает, что в большинстве они связаны с теплоизоляцией прямолинейных участков трубопроводов (рис. 1, б), где проблем с качественной теплоизоляцией практически не возникает. В то же время технологические трубопроводы в производственных процессах (см. табл. 1) имеют множество переходных участков (отводы, переходники и другие) и узлов сложной конфигурации (задвижки, компенсаторы, фланцевые соединения и другие), отдельные изображения которых приведены на рис. 2. На этих переходных участках качественная теплоизоляция затруднена (рис. 1, в).



а б в

Рис. 1

Рис. 2

Результаты и обсуждения

Для решения проблемы качественной теплоизоляции переходных участков технологических трубопроводов предложено инновационное решение [10], предусматривающее следующие операции:

1) выделение и маркировка (установление) границ переходного участка трубопровода;

2) проведение лазерного 3D-сканирования переходного участка для получения файла облака точек его поверхности;

3) осуществление цифрового построения виртуального переходного участка с последующим изображением составляющих разверток элементов поверхности переходного участка трубопровода с указанием фактических геометрических размеров;

4) проведение проецирования цифровых изображений разверток элементов поверхности переходного участка трубопровода на поверхность теплоизоляционного прошивного мата;

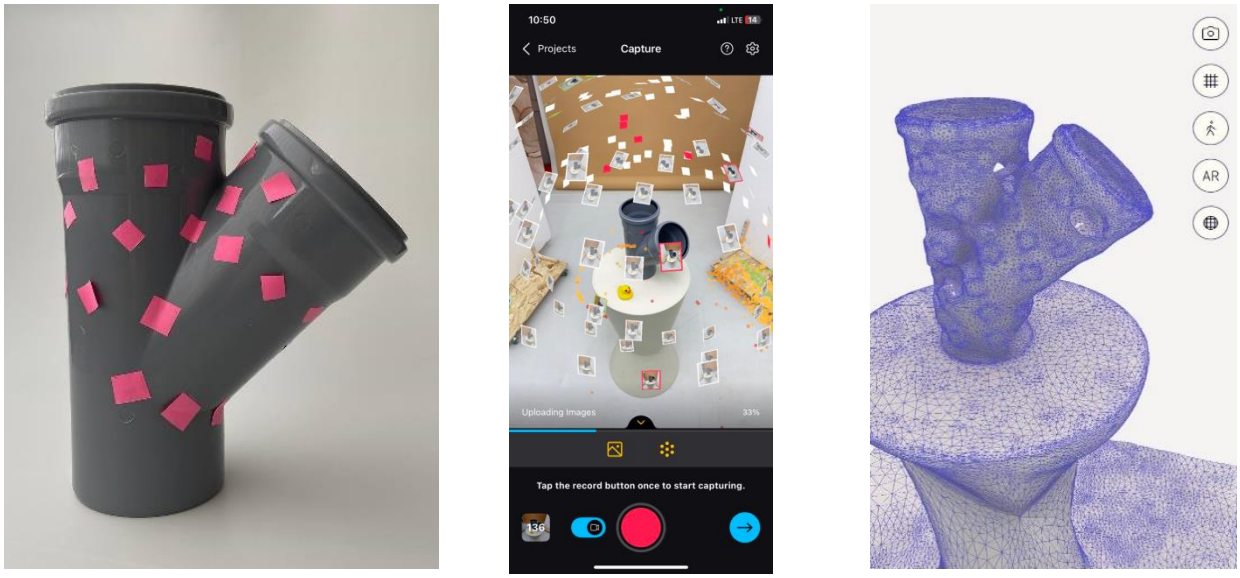
5) проведение раскроя по внешнему контуру элементов развертки переходного участка трубопровода и наложение по данным контурам ленты-липучки с прошивкой ее швейными нитками;

6) осуществление монтажа подготовленных отрезков матов на переходном участке трубопровода с помощью ленты-липучки частью «крючки».

Для осуществления первой и второй операции вместо лазерного сканирования применили принцип фотограмметрии [11]. Данный подход обладает рядом преимуществ, в частности, отсутствием необходимости использования дорогостоящего специализированного оборудования, а также сохранением текстуры и цвета исследуемого объекта при использовании для этого реальных фотографий. Чтобы повысить точность распознавания деталей при фотограмметрическом сканировании, исследуемый объект был предварительно очищен от различных загрязнений и посторонних элементов и промаркирован (рис. 3, а).

При помощи ПО Polycam было проведено сканирование участка трубопровода сложной конфигурации. Для удобства обработки скана деталь размещалась на однородном контрастном фоне белого цвета. Далее была проведена серия снимков с разных сторон объекта. Каждый участок детали был сфотографирован с трех-четырех различных ракурсов с перекрытием на 60…80 % для точного сопоставления (рис. 3, б). Получено плотное облако точек, точно повторяющее контуры исследуемого

участка трубопровода. Впоследствии эта модель была экспортирована в формат «.obj» для дальнейшей доработки.



а б в

Рис. 3

В процессе исследования выявлено, что принцип фотограмметрии достаточно эффективен для оценки формы и размеров переходных участков и узлов трубопроводной системы. Однако он имеет ряд ограничений, которые необходимо учитывать, а именно:

- для получения качественных результатов требуется хорошее освещение исследуемого объекта, поскольку неравномерное освещение может привести к появлению теней и артефактов, ухудшая точность воспроизведения модели;

- для того чтобы система могла корректно определить положение объектов в пространстве, требуются специальные маркеры или точки привязки, что усложняет процесс подготовки к съемке;

- глянцевые металлические поверхности могут создавать блики и отражения, которые мешают точному считыванию данных, особенно если они расположены под определенными углами относительно источника света;

- после завершения процесса сканирования участка трубопровода требуется дополнительная обработка полученного 3D-скана, включая очистку от шумов, заполнение пропусков и сглаживание поверхностей, что увеличивает время и ресурсы, необходимые для анализа изображения.

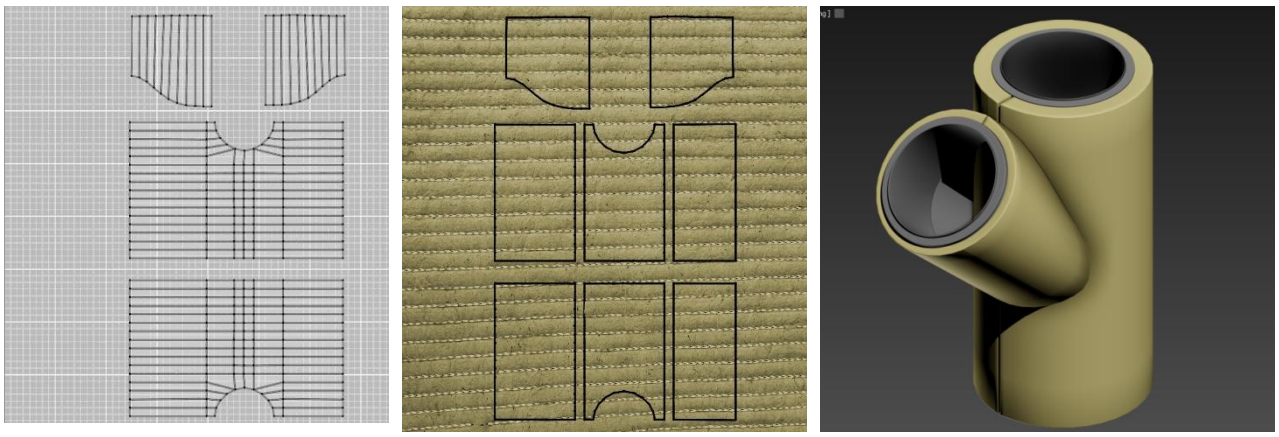
Дальнейший этап работы с полученной моделью заключается в постобработке сетки. Этот процесс направлен на устранение различных ошибок, возникших во время сканирования, включая такие проблемы, как шум, дыры, неправильная геометрия или наличие артефактов. Для выполнения этой задачи использовано специализированное программное обеспечение Autodesk 3ds Max. Отметим, что аналогичные операции можно провести и в других программах, а именно ZBrush или Blender.

С помощью инструментов скульптинга и модификаторов выполняется тщательная обработка поверхности модели. Эти инструменты позволяют выровнять поверхность, заполнить пропуски и устранить изолированные вершины или полигоны, которые не связаны с основной частью модели. Использование модификатора Retopology помогает значительно упростить структуру модели и сохранить при этом ее оригинальную форму. Постобработка меша является важнейшим этапом работы с трехмерной моделью (рис. 3, в).

Дальнейший этап (см. операции 3 и 4) заключается в построении в координатной

плоскости изображений UV-разверток элементов поверхности переходного участка трубопровода.

На рис. 4 показаны этапы построения разверток поверхностей переходного участка трубопровода, схемы раскроя и крепления теплоизолирующих элементов матов лентой-липучкой и монтаж подготовленных деталей на трубопроводе.



а б в

Рис. 4

ВЫВОДЫ

Предложены и исследованы операции по обеспечению качественной теплоизоляции волокнистыми текстильными изделиями (матами) элементов технологического оборудования (переходных участков трубопроводов) различных текстильных производств в соответствии с критериями, установленными в нормативной литературе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Оборин М.С., Савельев И.И.* Современные достижения в текстильной промышленности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 1. С. 17…23.

2. *Румянцева В.Е., Панченко Д.А., Панченко Ю.Ф., Нармания Б.Е.* Защита ограждающих конструкций предприятий текстильной промышленности от микробиологической коррозии материалами на основе гидроксида кальция // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 1. С. 158…164.

3. *Жмыхов И. Н. и др.* Оборудование и основы проектирования производства химических волокон. М.: Высшая школа, 2019. 236 с.

4. *Оников Э.А.* Проектирование ткацких фабрик: учебник для вузов. М.: Информ-Знание, 2005. 432 с.

5. *Шкробышева В.И., Быков Р.А., Щитова Н.П.* Современное оборудование для отделки текстильных материалов: учеб. пособие. Иваново: ИГХТУ, 2008. 80 с.

6. *Есиркепова А.М., Абельданова А.Б., Тулеметова А.С. и др.* Технический текстиль: перспективы и развитие рынков потребления // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. №1. С. 104…112.

7. *Гусев Б.Н., Матрохин А.Ю., Грузинцева Н.А., Лысова М.А.* Обеспечение качества технического текстиля для производства строительных изделий на различных этапах жизненного цикла // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 2. С. 69…78.

8. Пат. 2343340 РФ, МПК F16L 59/00, F16L 59/02. Способ осуществления сборно-разборного теплоизоляционного покрытия трубопровода.

9. Пат. 2615087 РФ, МПК F16L 59/14. Способ монтажа теплоизоляции на трубопроводе.

10. Пат. 2830768 РФ, СПК F16L 59/16. Способ теплоизоляции трубопровода матами из минеральной ваты.

11. *Краснопевцев Б.В.* Фотограмметрия. М.: УПП "Репрография" МИИГАиК, 2008. 160 с.

REFERENCES

1. *Oborin M.S., Savelyev I.I.* Modern achievements in textile industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. No. 1. P. 17...23.

2. *Rumyantseva V.E., Panchenko D.A., Panchenko Yu.F., Narmania B.E.* Protection of textile industry enterprises enclosure structures from microbiological corrosion by materials based on calcium hydroxide // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. No. 1. P. 158...164.

3. *Zhmykhov I. N. et al.* Equipment and fundamentals of designing the production of chemical fibers. M.: Higher School, 2019. 236 p.

4. *Onikov E.A.* Designing of weaving factories: a textbook for universities. Moscow: Inform-Znanie, 2005. 432 p.

5. *Shkrobysheva V.I., Bykov R.A., Shchitova N.P.* Modern equipment for finishing textile materials: textbook. Ivanovo: IHTU, 2008. 80 p.

6. *Esirkepova A.M., Abeldanova A.B., Tulemetova A.S. et al.* Technical textile: prospects and development of consumption markets // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019. No. 1. P. 104...112.

7. *Gusev B.N., Matrokhin A.Yu., Gruzintseva N.A., Lysova M.A.* Quality assurance of technical textile for the manufacture of building products at different stages of the life cycle // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 2. P. 69...78.

8. Patent 2343340 of the Russian Federation, IPC F16L 59/00, F16L 59/02. A method for implementing a collapsible thermal insulation coating of a pipeline.

9. Patent 2615087 of the Russian Federation, IPC F16L 59/14. Method of installing thermal insulation on a pipe.

10. Patent 2830768 of the Russian Federation, SEC F16L 59/16. Method of thermal insulation of a pipeline with mineral wool mats.

11. *Krasnopevtsev B.V.* Photogrammetry. Moscow: UPP "Reprography" MIIGAiK, 2008. 160 p.

Рекомендована кафедрой материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии ИВГПУ. Поступила 04.04.25.