

## ВОЛОКНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЛАТФОРМ

А.Д. ЖУКОВ, В.С. СЕМЕНОВ, А.Ю. ЖУКОВ, С.Д. КОЗЛОВ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет»,  
г. Москва

*Ключевые слова и фразы:* базальтовые волокна; виброизоляция; звукоизоляция; огнестойкость; тканые материалы.

*Аннотация:* В статье изложены результаты исследований, цель которых – разработка системы огнестойкой теплоизоляции сооружений для нефтегазовых платформ. Рассматривались различные конструктивные решения систем теплоизоляции с применением волокнистых изделий, обладающих высокой огнестойкостью, теплоизолирующей способностью, а также стойкостью к воздействиям арктической атмосферы и морского климата. Предложено конструктивное решение систем изоляции с применением тканей, холстов и огнестойких рулонных материалов, изготавливаемых на основе базальтовых волокон.

Базальтовые волокна (непрерывное и штапельное) применяют в качестве основы в негорючих тканых изделиях, имеющих высокую эксплуатационную и химическую стойкость. В зависимости от способа изготовления и вспомогательных компонентов, изделия используются для противопожарной защиты, защиты от вибраций, в качестве теплоизоляционных материалов. Подобные свойства материалов позволяют их использовать при проектировании систем изоляции установок и устройств, работающих в условиях Заполярья, в частности для разработки систем изоляции строительных конструкций нефтегазовых платформ [1; 2].

Опасным фактором при эксплуатации нефтегазовых платформ является возможное воспламенение углеводородов, которое серьезным образом изменяет условия протекания пожара. Температура в зоне пожара может достигать 750 °С и более, а само огневое воздействие может сопровождаться выделением химически активных веществ [3; 4]. Ситуация с российскими платформами усугубляется еще и тем, что атмосферные условия Заполярья более жесткие, чем условия Северного и Норвежского морей, под параметры которых и проектируются в настоящее время ограждающие конструкции со-

оружений на нефтегазовых платформах.

Системы внешних конструкций нефтегазовых платформ должны удовлетворять требованиям и нормам безопасности. Облицовки должны сохранять свои свойства в условиях морского климата и атмосферы, а также низких температур; защищать конструкционные элементы от отрицательных атмосферных воздействий. Каркас ограждающих элементов (стен) должен иметь невысокую теплопроводность, при этом должны быть предусмотрены компоненты для изоляции агрегатов, генерирующих вибрации, минимизирующие передачу вибраций и звука на структурные элементы конструкций. Теплоизоляционные слои должны обеспечивать нормативное термическое сопротивление наружных стен, быть негорючими и не содержать компонентов, представляющих экологическую опасность.

В системах изоляции рекомендуются к применению следующие изделия на основе базальтовых волокон: полотна (ткани), плиты (маты, холсты), специальные огнезащитные рулонные материалы. Полотна (ткани), сплетенные из непрерывной базальтовой нити, негорючие и характеризуются стойкостью в агрессивных средах (табл. 1).

Таблица 1. Характеристики базальтоволоконистых тканей

Наименование показателей	Марка ткани		
	БТ-1	БТ-13	ТБК-100
Ширина, см	100 + 2 %	100 + 2 %	100 + 1 %
Толщина, мм	0,27 + 0,03<	0,22 + 0,02<	0,19 + 0,025
Поверхностная плотность г/м <sup>2</sup>	380 + 25	260+20	210+20
Разрывная нагрузка, Н (по основе/по утку)	1715/980	1225/784	784
Плотность ткани, нитей/см (по основе/по утку)	(22+1)/(13+1)	(16+1)/(8+1)	(10+1)/(8+1)
Переплетение	Сатин 5/3	Полотняное	

Таблица 2. Характеристики базальтоволоконистых холстов

Наименование показателей	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>			
	55	75	100	125
Теплопроводность при 25 °С, не более, Вт/(м·К)	0,038–0,039	0,040–0,041	0,041–0,043	0,045–0,050
Коэффициент монтажного уплотнения	1,5	1,3	1,2	1,1
Сжимаемость, не более %	35	25	15	10
Разрывная нагрузка, не менее, Н	80	85	90	95

Таблица 3. Характеристики базальтовых огнезащитных рулонных материалов

Показатели	Марка материала				
	М-5	М-8	М-10	М-13	М-16
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup> , не более	500	800	1000	1600	1900
Толщина, мм	5	8	10	13	16
Теплопроводность, Вт/(м·К) при 25/125/300 °С	0,033/0,045/0,080				

Ткани формируют внешний контур изоляционной системы, а их виброзащитные свойства позволяют использовать ткань в виде прокладок между элементами каркаса и внешней обшивкой. Стойкость к агрессивным щелочным и кислотным средам делает их перспективным материалом для условий морского климата. Длина рулона (100, 200 м) позволяет за единый цикл изолировать значительные поверхности.

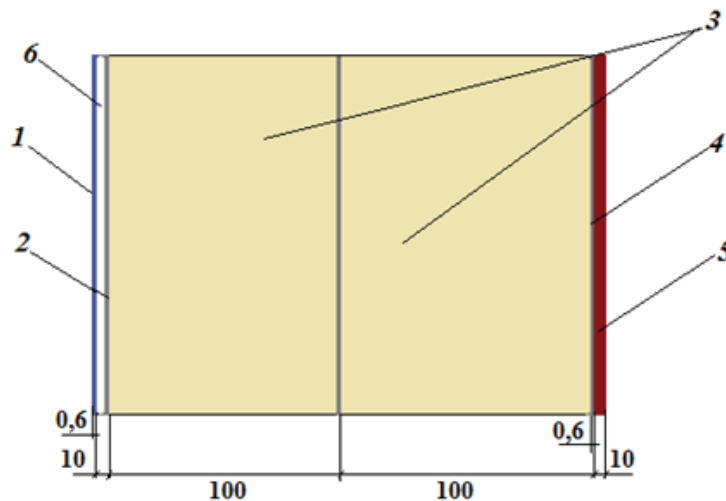
Не менее важным элементом системы изоляции являются холсты (маты) на основе базальтового волокна (табл. 2). Холст базальтовый теплоизоляционный представляет собой мат, с определенными геометрическими размерами,

не прошитый стеклоровинговой нитью, а сохраняющий форму за счет хаотично переплетенных волокон.

Длина базальтовых волокон до 800 мм; диаметр волокна 3–6 мкм; упругость не менее 70 %. Температурный диапазон эксплуатации от –196 до +750 °С (кратковременно до +900 °С). Длина изделий от 1 500 до 3 000 мм; ширина 1 000 мм; толщина от 50 до 100 мм.

Огнезащитный базальтовый рулонный материал – это слой холста, прошитый вязально-прошивным методом стеклянными нитями (табл. 3).

Материал абсолютно инертен к щелочам,



**Рис. 1.** Схема наружной перегородки жилого помещения (элементы каркаса не показаны): 1 – внешняя обшивка; 2 – огнезащитный материал; 3 – теплоизоляционный слой; 4 – внутренний огнезащитный материал; 5 – внутренний облицовочный материал; 6 – вентилируемый зазор

кислотам, органическим растворителям; не вызывает коррозии; его использование исключает распространение пламени.

Строительная система предполагает использование в конструкции материалов, обладающих различными свойствами. При этом размещение материалов в конструкции должно обеспечить максимум ее эксплуатационных показателей и долговечность. Исходя из изложенных требований к ограждающим конструкциям морских сооружений для климатических условий Заполярья, принята слоистая строительная система (рис. 1). Основой системы является несущий каркас, выполненный из легкого стального термоизоляционного профиля (ЛСТ-профиля) из нержавеющей стали или стали с цинковым покрытием. Внешняя (наружная) обшивка выполняется или из металлических листов (нержавеющая сталь или оцинкованная сталь с полимерным покрытием), или из фиброцементных плит. Внутренняя обшивка выполняется из гипсоволоконистых водостойких листов или из гипсокартонных влагоогнестойких листов. Элементы внешней и внутренней обшивки соединяются с элементами каркаса,

а также с конструкциями пола и потолка через виброизолирующие прокладки, выполненные из нескольких слоев базальтовой ткани БТ-11.

Полотна базальтовой ткани БТ-13 располагают по внешнему периметру изоляционной оболочки в качестве дополнительного элемента огне- и виброзащиты. Основным теплоизоляционным слоем является базальтовый холст средней плотностью 50–55 кг/м<sup>3</sup>. Холст толщиной 100 мм укладывается в два слоя между элементами несущего каркаса с перехлестом стыковочных швов. С внутренней стороны изоляционной системы размещен огнезащитный базальтовый рулонный материал толщиной 5–6 мм.

Проведенные испытания и расчеты показывают, что данное системное изделие позволяет обеспечить термическое сопротивление ограждающей конструкции не менее 5 м<sup>2</sup>·°С/Вт с учетом потерь на оконные проемы и неоднородности по температурнопроводным мостикам. Принципиальное решение внутренних перегородок (переборок) то же. Толщина теплоизоляционного слоя – 50 мм. Общая толщина перегородки – не более 70 мм.

### Литература

1. Румянцев, Б.М. Энергетическая эффективность и методология создания теплоизоляционных материалов / Б.М. Румянцев, А.Д. Жуков, Т.В.Смирнова // Интернет-Вестник ВолГАСУ. – 2014. – № 4(35). – С. 3.

2. Lienhard, J.H. Heat transfer text book : 3<sup>rd</sup> edition / J.H. Lienhard // Cambridge, MA : Phlogiston Press, 2003. – 749 p.

3. Rumiantcev, B.M. The systems of insulation and a methodology for assessing the durability / B.M. Rumiantcev, A.D. Zhukov, E.Yu. Bobrova, I.P. Romanova, D.B. Zelenshikov, T.V. Smirnova // MATEC Web of Conferences 86, 04036 (2016).

4. Жуков, А.Д. Локальная аналитическая оптимизация технологических процессов / А.Д. Жуков, А.В. Чугунков // Вестник МГСУ. – 2011. – № 1-2. – С. 273–278.

#### References

1. Rumjancev, B.M. Jenergeticheskaja jeffektivnost' i metodologija sozdaniya teploizoljacionnyh materialov / B.M. Rumjancev, A.D. Zhukov, T.V.Smirnova // Internet-Vestnik VolgGASU. – 2014. – № 4(35). – С. 3.

4. Zhukov, A.D. Lokal'naja analiticheskaja optimizacija tehnologicheskikh processov / A.D. Zhukov, A.B. Chugunkov // Vestnik MGSU. – 2011. – № 1-2. – С. 273–278.

---

#### Fibrous Materials in Thermal Insulation Systems of Oil and Gas Platforms

*A.D. Zhukov, V.S. Semenov, A.Yu. Zhukov, S.D. Kozlov*

*National Research Moscow State Civil Engineering University, Moscow*

*Keywords:* basalt fibers; vibration isolation; soundproofing; fire resistance; woven material.

*Abstract:* The article presents the results of the research aimed at developing a system of fireproof thermal insulation of structures for oil and gas platforms. Various design solutions of thermal insulation systems with the use of fibrous products with high fire resistance, thermal insulation ability, as well as resistance to the effects of the arctic atmosphere and the marine climate were considered. A design solution of insulation systems with the use of fabrics, canvases and fire-resistant roll materials made on the basis of basalt fibers is proposed.

---

© А.Д. Жуков, В.С. Семенов, А.Ю. Жуков, С.Д. Козлов, 2017