УДК 691.33 Смирнов Д.С. – кандидат технических наук, доцент E-mail: <u>denis27111974@yandex.ru</u> Хилавиева Г.Р. – студент E-mail: <u>guzel_-72@mail.ru</u> Мингазеев А.Н. – студент E-mail: <u>aydar.mingazeev@mail.ru</u> Казанский государственный архитектурно-строительный университет Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Анализ разрушения дымовых кирпичных промышленных труб

Аннотация

Постановка задачи. Целью настоящей научно-исследовательской работы является выяснение причин разрушения дымовых кирпичных промышленных труб после проведенного ремонта одной из казанских организаций в Республике Татарстан.

Результаты. В процессе эксплуатации отремонтированных труб на данных объектах в весенне-зимний период произошли значительные разрушения в стенах с наружной стороны. Имеющийся опыт работы по оценке состояния материалов и конструкций [4, 5, 6] позволил предположить, что одной из причин возникновения указанных дефектов могла быть недостаточная паропроницаемость органосиликатной композиции. Другой причиной может быть нанесение краски на мокрую, предварительно не осушенную поверхность стены. Режим работы промышленных дымовых труб не исключает возникновение конденсата, а разность температур с внутренней и наружной стороны трубы способствует массопереносу влаги в направлении к наружной поверхности стены.

Выводы. В результате проделанных испытаний, на участках близких к наружной поверхности водяной пар конденсируется, а при отрицательных температурах кристаллизуется, что приводит к разрушению кирпичной кладки.

Ключевые слова: органосиликатная композиция, паропроницаемость, сопротивление паропроницанию, адгезия, когезия.

Введение

Целью настоящей научно-исследовательской работы является выяснение причин разрушения дымовых кирпичных промышленных труб после проведенного ремонта одной из казанских организаций в Республике Татарстан.

В процессе эксплуатации отремонтированных труб на данных объектах в весеннезимний период произошли значительные разрушения в стенах с наружной стороны. Глубина разрушенных слоев достигала 120 мм. При этом отслоения краски от поверхности стен не наблюдалось. Имеющийся опыт работы по оценке состояния материалов и конструкций [4, 5, 6, 10] позволил предположить, что одной из причин возникновения указанных дефектов могла быть недостаточная паропроницаемость органосиликатной композиции.

Другой причиной может быть нанесение краски на мокрую, предварительно не осушенную поверхность стены. Режим работы промышленных дымовых труб не исключает возникновение конденсата, а разность температур с внутренней и наружной стороны трубы способствует массопереносу влаги в направлении к наружной поверхности стены. В результате чего на участках близких к наружной поверхности водяной пар конденсируется, а при отрицательных температурах кристаллизуется, что приводит к разрушению кирпичной кладки.

Основная часть

Разрушение поверхностного слоя бетона и керамического кирпича на указанных объектах вызвано циклическим замораживанием и оттаиванием в условиях, когда разрушенный материал находился во влажном состоянии. Повышенная влажность кирпичной кладки может быть вызвана:

1. впитыванием воды в результате выпадения осадков или гигроскопическим всасыванием влаги из воздуха;

2. массопереносом влаги с внутренней поверхности трубы к наружной в результате разности температур между ними;

3. особенностями технологии ремонтных работ (при торкретировании внутренней поверхности трубы стены тщательно промывались большим количеством воды и обрабатывались кольматирующими водными растворами типа «Акватрон»).

Согласно РСН 40-81 органосиликатная композиция ОС 12-03 предназначена для защитной окраски металлических, бетонных, железобетонных, кирпичных, оштукатуренных, деревянных, керамических поверхностей, металлоконструкций, закладных деталей и арматуры железобетона, эксплуатирующихся в атмосферных условиях и условиях повышенной влажности; для антикоррозионной защиты конструкций мостов и тоннелей; для защиты от механических и атмосферных воздействий промышленных резервуаров; для окраски наружной поверхности дымовых металлоконструкций, фасадов труб: для окраски зданий И сооружений, эксплуатирующихся в атмосферных условиях, условиях повышенной влажности и перепада температур от -50 до +150°С.

Показатель паропроницаемости не является обязательной характеристикой для органосиликатной композиции ОС 12-03, тем не менее, он позволит оценить изоляционную способность данного покрытия.

Паропроницаемость определяли по ГОСТ 25898-83 Методы определения сопротивления паропроницанию. Для этого подготавливали 9 плоско-цилиндрических образцов из мелкозернистого бетона толщиной 30 и диаметром 100 (рис. 1).



Рис. 1. Плоскоцилиндрические образцы из мелкозернистого бетона

Состав бетонной смеси подбирался таким образом, чтобы структура бетона не была слишком плотной, для чего использовали повышенное содержание песка и воды. Образцы устанавливались в цилиндрические обоймы из ПВХ. Зазор между внутренней стенкой обоймы и боковой поверхностью бетонного образца заполнялся силиконовым герметиком. Обоймы с образцами устанавливали на стекло, а внутри обоймы помещали чашу с водой.

Зазор между обоймой и стеклом с внешней стороны уплотняли пластилином. Одну часть бетонных образцов покрывают органосиликатной композицией ОС 12-03 в один слой, а другую часть бетонных образцов в два слоя. Расход краски на каждый образец приведен в табл. 1-2.

Таблица 1

Ma	1 слой покрытия								
л <u>∘</u> п/п	масса чаш	и с краской, гр	масса краски,	масса 1 слоя					
	до испытания	после испытания	оставшейся на поролоне, гр	покрытия, гр					
1	2	3	4	5					
На поверхности образцов покрытие ОС 12-03 отсутствует									
1	-	-	-	-					
2	-	-	-	-					
3	-	-	-	-					
На поверхности образцов 1 слой покрытия ОС 12-03									
4	193,16	186,27	4	2,89					
5	185,08	177,54	4,29	3,25					
6	177,39	171,3	3,28	2,81					
На поверхности образцов 2 слоя покрытия ОС 12-03									
7	147,86	137	7,84	3,02					
8	123,75	113,48	6,9	3,37					
9	135	123,84	8,28	2,88					

Расход краски (1 слой покрытия)

Таблица 2

Ма	2 слой покрытия								
л <u>⊍</u> п/п	масса чаш	и с краской, гр	масса краски,	масса 2 слоя					
	до испытания	после испытания	оставшейся на поролоне, гр	покрытия, гр					
1	2	3	4	5					
На поверхности образцов покрытие ОС 12-03 отсутствует									
1	-	-	-	-					
2	-	-	-	-					
3			-	-					
На поверхности образцов 1 слой покрытия ОС 12-03									
4	-	-	-	-					
5	-	-	-	-					
6	-	-	-	-					
На поверхности образцов 2 слоя покрытия ОС 12-03									
7	154,86	146,73	5,92	2,21					
8	164,65	155	6,69	2,96					
9	171,29	164,65	4	2,64					

Расход краски (2 слой покрытия)

Полная масса покрытия для 4-6 образцов равна соответственно 2,89 гр, 3,25 гр, 2,81 гр. Полная масса покрытия для 7 образца 5,23 гр, 8 образца 6,33 гр, 9 образца 5,52 гр.

Чаша с водой, помещенная в обойму с образцами, предварительно взвешивалась с точностью до 0,01 гр. Затем с интервалом 3 и 8 суток определялось количество испарившейся воды, путем повторного взвешивания чаши с водой. Результаты замеров приведены в табл. 3-4.

Таблица 3

Изменение массы воды									
N⁰	3 суток			3 суток			3 суток		
п/п	m1	m ₂	Δm	m_1	m ₂	Δm	m_1	m_2	Δm
		На пов	ерхности	образцов пс	крытие О	С 12-03 о	тсутствуе	Т	
1	208,78	206,54	2,24	206,54	204,93	1,61	194,52	193	1,52
2	209,05	206,81	2,24	206,81	205,12	1,69	197,88	196,47	1,41
3	210,22	207,95	2,27	207,95	206,22	1,73	198,6	196,85	1,75
На поверхности образцов 1 слой покрытия ОС 12-03									
4	210,48	208,5	1,98	208,5	206,98	1,52	206,98	205,54	1,44
5	201,43	199,2	2,23	199,2	197,69	1,51	197,69	196,3	1,39
6	208,91	206,64	2,27	206,64	205	1,64	205	203,36	1,64
На поверхности образцов 2 слоя покрытия ОС 12-03									
7	204,93	202,9	2,03	202,9	201,56	1,34	201,56	200,23	1,33
8	207,41	205,29	2,12	205,29	203,79	1,5	203,79	202,4	1,39
9	201,97	200,3	1,67	200,3	198,94	1,36	198,94	197,89	1,05

Таблица 4

Изменение массы воды									
No	3 суток		3 суток			8 суток			
п/п	m1	m ₂	Δm	m ₁	m ₂	Δm	m ₁	m ₂	Δm
		На пове	рхности с	бразцов п	окрытие С	OC 12-03 o	тсутствует	Г	
1	193	191,46	1,54	191,46	190	1,46	190	185,43	4,57
2	196,47	195	1,47	195	193,58	1,42	193,58	189,17	4,41
3	196,85	195,33	1,52						
На поверхности образцов 1 слой покрытия ОС 12-03									
4	205,54	204,17	1,37	204,17	202,81	1,36	202,81	198,94	3,87
5	196,3	194,88	1,42	194,88	193,56	1,32	193,56	189,7	3,86
6	203,36	201,82	1,54	201,82	200,35	1,47	200,35	195,8	4,55
На поверхности образцов 2 слоя покрытия ОС 12-03									
7	200,23	198,86	1,37	198,86	197,68	1,18	197,68	194,3	3,38
8	202,4	201,19	1,21	201,19	199,78	1,41	199,78	196,35	3,43
9	197,89	196,92	0,97	196,92	196	0,92	196	193,36	2,64

где m₁ – масса чаши до испытаний, гр,

m₂ – масса чаши после испытаний, гр,

 Δm – разность масс до и после испытаний, гр.

На основании полученных результатов определены следующие показатели: плотность диффузионного потока, паропроницаемость и сопротивление паропроницанию. Результаты приведены в табл. 5.

Таблица 5

Образцы	Плотность потока, г/ч·м ²	Паропроницаемость, мг/(м·час·Па)	Сопротивление паропроницанию (м ² ·час·Па) /мг	
Без покрытия	2,923	0,1276	0,235	
Однослойное покрытие	2,665	0,1163	0,258	
Двухслойное покрытие	2,051	0,0895	0,335	

Результаты испытаний паропроницаемости

Изначально было высказано предположение, что причиной обрушения стен является низкая паропроницаемость примененной органосиликатной композиции. Однако имеются данные о паропроницаемости аналогичных композиций с более низким коэффициентом (паропроницаемость 0,0439 мг/(м·час·Па), сопротивление паропроницанию 0,684 (м²·час·Па) /мг), при этом разрушений наружной поверхности стены в дымовых трубах не наблюдалось.

Адгезия органосиликатных композиций определялась по ГОСТ 15140-78 методом решетчатых надрезов. Результаты испытаний показали, что по состоянию покрытия после нанесения надрезов адгезия композиций ОС 12-03 составляет 1 балл, что отвечает требованиям ТУ.

Требований к величине адгезии органосиликатной композиции ОС 12-03 к поверхности различных материалов в ТУ не предусмотрено. Тем не менее, в исследованиях произведена оценка ее адгезии к поверхности бетона. Для этого использованы плоскоцилиндрические бетонные образцы, на которые наносилась композиция. Образцы накладывались друг на друга окрашенными поверхностями и выдерживались в течении суток. Через сутки бетонные образцы фиксировались в специальных металлических хомутах и испытывались на отрыв. В процессе испытаний установлено, что адгезия органосиликатных композиций к поверхности бетона зависит от толщины слоя покрытия. При нанесении 1 слоя покрытия на бетонную поверхность, адгезия покрытия к бетону ниже когезии в материале покрытия. Прочность сцепления органосиликатной композиций составила в среднем 0,875 кг/см², при этом на отдельных образцах адгезия данной композиции к поверхности бетона превысила прочность бетона на растяжение (рис. 2).



Рис. 2. Поверхность образца с однослойным покрытием ОС 12-03 после испытания на адгезию

При нанесении покрытия в два слоя величина адгезии покрытия к бетону превысила когезию в материале покрытия и для органосиликатной композиции составила 0,49 кг/см². Характер окрашенных поверхностей после испытаний показан на рис. 3.



Рис. 3. Поверхность бетонного образца с двухслойным покрытием ОС 12-03

Оценку стойкости покрытия к изменению температуры от +100 до -50°C осуществляли на поверхностях различных материалов (бетон, керамический кирпич и металл) (рис. 4.)



Рис. 4. Поверхность образцов бетона и керамического кирпича с покрытием ОС 12-03 до (образцы 1-2) и после (образец 3) испытаний

Визуальный осмотр поверхностей позволил установить, что органосиликатные композиции являются стойкими к изменению температуры в указанных интервалах, что соответствует требованиям соответствующих ТУ.

Заключение

Согласно результатам проведенных исследований органосиликатная композиция отвечает требованиям ТУ 2312-102-99483860-2007 по показателю адгезии и стойкости к изменению температуры.

Паропроницаемость мелкозернистого бетона не ниже известных показателей, при которых разрушений дымовых труб не наблюдается. Адгезия композиции составляет 0,875 кг/см² при однослойном покрытии и 0,49 кг/см² – двухслойном.

Анализ результатов испытаний позволил установить, что причиной разрушения дымовых кирпичных промышленных труб следует считать нарушение технологии производства ремонтных работ и инструкции по применению органосиликатных композиций PCH-40-81.

Список библиографических ссылок

1. Чуппина С. В. Исторический и физико-химический аспекты развития материаловедения органосиликатных композиций. Физико-химические основы органосиликатного материаловедения. Состав и свойства // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2010. № 7. С. 24–38.

2. Чуппина С. В. Исторический и физико-химический аспекты развития материаловедения органосиликатных композиций. Физико-химические основы органосиликатного материаловедения. Процессы формирования оргнаносиликатных покрытий, клеевых соединений и герметизирующих слоев. // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2011. № 1. С. 20–27.

3. Смирнов В. А., Ефимов Б. А., Кульков О. В., Баландина И. В., Скавина Н. А. Материаловедение. Отделочные работы: учебник для начального профессионального образования. М.: Издательский центр «Академия», 2010. С. 288–290.

4. Камалова З. А., Смирнов Д. С. Исследования и разработка мероприятий по восстановлению железобетонных конструкций градирни // Известия КГАСУ. 2011 № 4 (15). С. 233–237.

5. Смирнов Д. С., Рахимов Р. З., Стоянов О. В. Влияние добавок молотых шлаков на жаростойкость цементного камня // Вестник казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 6.С. 48–50.

6. Смирнов Д. С., Степанов С. В., Хилавиева Г. Р. Анализ состояния вопроса о возможных способах повышения качества тампонажных смесей // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 8. № 20. С. 153–156.

7. Органосиликатная композиция : пат. 2520481 Рос. Федерация. № 2012151419/05 ; заявл. 30.11.05. ; опубл. 27.06.14, Бюл. № 18. 7 с.

8. Andrea S. O. Moscofian César R. Silva Claudio Airoldi. Stability of layered aluminum and magnesium organosilicate // Original Research Article Microporous and Mesoporous Materials, V. 107, I. 1-2. P. 113–120.

9. Chuppina S. V., Zhabrev V. A. Chemical reactions in the course of curing of organosilicate composites and aging of organosilicate coatings // Glass Physics and Chemistry. V. 34. I. 1. P. 82–90.

10. Chuppina S. V. The current state of the art in materials science of organosilicate composites// Glass Physics and Chemistry. V. 32. I. 2. P. 243–253.

Smirnov D.S. – candidate of technical sciences, associate professor E-mail: denis27111974@yandex.ru
Khilavieva G.R. – student
E-mail: guzel _72@mail.ru
Mingazeev A.N. – student
E-mail: aydar.mingazeev@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization addres: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Analysis of fracture flue brick industrial pipes

Abstract

Problem statement. The aim of this research work was to determine the causes of the destruction of the brick flue industrial pipes after repair of one of the organizations of Kazan in Tatarstan.

Results. In the operation of the repaired pipe of these facilities in the winter-spring period, there have been significant damage in the walls from the outside. Experience of working on the evaluation of materials and structures [1, 2, 3] allowed to assume that one of the causes of these defects could be insufficient water vapor permeability also organic compositions. Another reason may be the application of paint to wet, not previously drained surface of the wall. Mode industrial chimneys do not preclude the occurrence of condensation, and the temperature difference between inside and outside of the pipe promotes mass transfer of moisture in a direction toward the outer wall surface.

Conclusions. The results of this test, at sites close to the outer surface of the water vapor is condensed and crystallized at low temperatures, which leads to the destruction of the brickwork.

Keywords: organosilicate composition, vapor permeability, resistance to water vapor transmission, adhesion, cohesion.

References

- Chulpina S. V. History and physical and chemical aspects of materials science organosilicate compositions. Physical and chemical bases of organosilicate materials science. The composition and properties // All materials. Encyclopedic Reference. 2010. № 7. P. 24–38.
- 2. Chulpina S. V. History and physical and chemical aspects of materials science organosilicate compositions. Physical and chemical bases of organosilicate materials science. The formation orgnanosilikatnyh coatings, adhesive joints and sealing layers // All materials. Encyclopedic Reference. 2011. № 1. P. 20–27.
- 3. Smirnov V. A., Efimov B. A., Kul'kov O. V., Balandin I. V., Skawina N. A. Materials Science. Finishing works: the textbook for basic vocational education. M. : Publishing Center «Academy», 2010. P. 288–290.
- 4. Kamalov Z. A., Smirnov D. S. Research and development of measures for the restoration of the cooling tower of reinforced concrete structures // Izvestiya KGASU. 2011. № 4 (15). P. 233–237.
- 5. Smirnov D. S., Rakhimov R. Z., Stoyanov O. V. Influence of additives of ground slag on the heat resistance of cement stone // Vestnik kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. T. 17. № 6. P. 48–50.
- 6. Smirnov D. S., Stepanov S. V., Khilavieva G. R. Analysis of the question of the possible ways of improving the quality of grouting mixtures // Vestnik kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2015. V. 8. № 20. P. 153–156.
- 7. Organosilicate composition : patent. 2520481 of the Rus. Federation. № 2012151419/05 ; decl. 30.11.05 ; publ. 06.27.14, Bull. in 18. 7 p.
- Andrea S. O. Moscofian César R. Silva Claudio Airoldi. Stability of layered aluminum and magnesium organosilicate // Original Research Article Microporous and Mesoporous Materials, V. 107. I. 1-2. P. 113–120.
- Chuppina S. V., Zhabrev V. A. Chemical reactions in the course of curing of organosilicate composites and aging of organosilicate coatings // Glass Physics and Chemistry. V. 34. I. 1. P. 82–90.
- 10. Chuppina S. V. The current state of the art in materials science of organosilicate composites // Glass Physics and Chemistry. V. 32. I. 2. P. 243–253.