

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ, ПОСТРАДАВШИХ ОТ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

*Г.В. Косивцов, М.А. Легостаев, Ж.К. Тайлякова*

---

Рассматривается восстановление производственных зданий, пострадавших от повышенных температурных воздействий.

*Ключевые слова:* температурное воздействие; производственные здания; физико-механические характеристики.

Одним из факторов снижения эксплуатационной надежности зданий и сооружений является воздействие повышенной температуры на несущие конструкции объекта. В рамках указанной проблемы специалистами института Кыргыз-

НИИП сейсмостойкого строительства проведено инженерное обследование металлических колонн стекловаренной печи завода листового стекла ОсОО “Интергласс”, получивших повреждения из-за аварийного разрушения футеровочной клад-

ки печи и выплеска расплавленной массы стекла при температуре 1200 °С на конструкции каркаса. Обследование проводилось с целью оценки фактического состояния и несущей способности поврежденных от воздействия повышенных температур металлических конструкций каркаса с решением вопроса о возможности их дальнейшей безопасной эксплуатации. Решение поставленных задач связано с детальным обследованием металлических конструкций стекловаренной печи и проведением лабораторных испытаний контрольных образцов, взятых в зонах температурного воздействия. Результаты испытаний позволили подготовить рекомендации для разработки проектной документации на усиление или замену поврежденных и дефектных конструкций.

Токмакский завод листового стекла построен в 1972 г. согласно проектной документации, разработанной институтом «Гипростекло» Министерства промышленности строительных материалов СССР (г. Ленинград). В 1986 г. проектным институтом «Гипростекло» был разработан «Проект технического перевооружения системы БВВС Токмакского стекольного завода на способ термического формования стекла». При техперевооружении в 1991 г. в соответствии с данным проектом была увеличена мощность производства за счет установки на стекловаренной печи высокопроизводительной линии термического формования. В 2009 г. произошло аварийное разрушение стекловаренной печи с выплеском при температуре 1200 °С около 600 тонн расплавленной массы на металлические строительные конструкции.

Основные локальные повреждения получили вертикальные элементы каркаса обвязки стекловаренной печи на участках выплеска расплавленной массы. Конструкции каркаса выполнены из спаренных широкополочных двутавров № 35, 36, 40, 45 (класс стали ВСтЗПС6). Максимальный шаг расположения стоек обвязки – 3240 мм. Опорные и упорные узлы стоек закреплены к донным балкам затяжными болтами и сварными швами. Все стойки обвязки по верху на отметке + 12,150 м стянуты поперечными тяжами М48 и М56 (класс стали ВСтЗПС6). В продольном направлении установлено по два тяжа вдоль кромок ванны. Стык тяжей по длине осуществляется через муфты [1].

Анализ конструктивных решений и принятых расчетных схем показывает, что колонны работают по шарнирной схеме в нижнем опорном узле. Наличие только двух анкерных болтов в базовом креплении колонн предусматривает возможные горизонтальные перемещения ко-

лонн на отметке 12,150 м. На указанной отметке проводится натяжение тяжей для условия обеспечения совместной работы колонн и свода печи с учетом температурных воздействий. Для получения объективной оценки технического состояния колонн проведены лабораторные испытания образцов металла, взятых в зонах локального температурного поражения конструкций. Отбор проб проводился как в зонах температурного поражения, так и на конструкциях, не пострадавших от пережога. Для проведения испытаний были выбраны 20 образцов в соответствии с требованиями ГОСТ 1497-84. Методы испытания на растяжение [2].

В соответствии с указанными нормами проведены статические испытания контрольных образцов с оценкой фактического состояния металла после полученного температурного воздействия. В ходе испытаний определялись: предел текучести, временное сопротивление, относительное удлинение. Для контрольного подтверждения результатов испытания проведены в двух организациях: Республиканском центре сертификации в строительстве Госстроя Кыргызской Республики и Кыргызском государственном техническом университете им. И. Разакова.

Для оценки марки стали и изменения ее структурного состояния проведен химический и спектральный анализ образцов с учетом температурного воздействия. Основные результаты испытаний физико-механических характеристик стали приведены в таблице 1.

Результаты испытаний физико-механических характеристик, химического и спектрального анализа показали, что необходима замена пяти аварийных колонн, лафетов, горизонтальных балок в зоне выплеска, получивших пережог при температуре более 800 °С. Технические характеристики остальных колонн показывают возможность их дальнейшей эксплуатации при проведении соответствующего усиления. Результаты лабораторных испытаний 20 контрольных образцов, взятых из конструкций каркаса стекольной печи показали, что происходит падение предела текучести и временного сопротивления разрыву в зависимости от степени температурного воздействия. График изменения физико-механических характеристик от температурного воздействия показан на рисунке 1.

Учитывая локальные повреждения колонн температурными воздействиями возможно провести восстановление остальных конструкций с проведением усиления и выполнения дополнительных предупредительных мероприятий в ви-

Таблица 1 – Анализ результатов испытаний физико-механических характеристик образцов

№ образца	Марка колонн	Профиль	Результаты испытаний ЦНИЛ			Результаты испытаний КГТУ		Примечание: Участки выреза контрольных образцов (температурное воздействие t, °С)
			предел текучести при растяжении, Н/мм <sup>2</sup>	временное сопротивление разрыву, Н/мм <sup>2</sup>	относительное удлинение при разрыве, % не менее	напряжение разрыва, МПа	абсолютное удлинение, мм	
1	К 7л	І 40	247,1	381,9	28,0	420,5	63	400
2	К 8л	І 40	220,6	364,8	40,0	317,8	34	1000
3	К 9л	І 40	224,4	340,6	28,0	349,1	60	800
4	К 11л	І 40	226,0	352,7	32,0	340,0	53	800
5	К 15л	І 30	303,9	414,9	42,0	407,2	60	600
6	К 16л	І 40	188,4	290,8	35,0	305,2	58	1200
7	К 8 пр	І 30	228,0	352,2	42,0	335,0	50	600
8	К 9 пр	І 40	250,5	408,5	42,0	430,3	40	600
9	К 10 пр	І 40	229,0	330,6	34,0	213,7	Дефект (скрытая трещина)	1000
10	К 12 пр	140	233,6	353,6	Место разрыва в захвате	351,0	45	600

де устройства тепловых экранов и повышенной футеровки.

Кроме оценки технического состояния конструкций каркаса стекловаренной печи проведены лабораторные испытания *подвесок свода* с целью оценки их фактического состояния, несущей способности и возможности дальнейшей безопасной эксплуатации 2500 узловых элементов из мартенситовой стали.

Для оценки несущей способности подвесок проведены лабораторные испытания образцов элементов узлового сопряжения свода, взятых в зонах разного температурного воздействия (800 ÷ 1050 °С).

Согласно данным ОсОО «Интергласс», детали «Подвеска» № ПТФ 1.1.04.540 применяются для крепления огнеупорного бруса подвесного свода в ванной расплава. Для проведения испытаний на стационарных разрывных машинах разработаны дополнительные конструктивные приспособления. Общий вид проведения испытаний девяти комплектов образцов с оценкой фактической несущей способности подвесок после полученного температурного воздействия и характер потери несущей способности элементов подвесок приведены на рисунке 2.

Фактор различного температурного воздействия и изменение геометрических параметров элементов образцов повлияли на характер их разрушения. Основные разрушения образцов первой серии (Т = 1050 °С) произошли по скобе в зоне крепления верхнего стержня при предельных нагрузках 4400 ÷ 6000 кг.

Вторая серия образцов, подверженных температурному воздействию 900 °С, имеет разрушение скобы, срез болтового сопряжения, порыв нижней опорной зоны при предельных нагрузках 3800–8800 кг.

Третья серия образцов, подверженных температурному воздействию 800 °С, получила разрушения за счет среза в зоне резьбовой нарезки, деформации скобы, разрыва верхней оттяжки при предельных нагрузках 7000 ÷ 9400 кг. Образцы, не подверженные температурному воздействию, получили разрушение в зоне резьбового сопряжения при нагрузках в пределах 9200 ÷ 9600 кг.

Относительные деформации вертикального стержня определялись механическим тензометром Гугенбергера с точностью измерения деформации (0,01 мм). Относительные деформации в зонах измерения не превышают  $\delta_s = 5\%$ , что

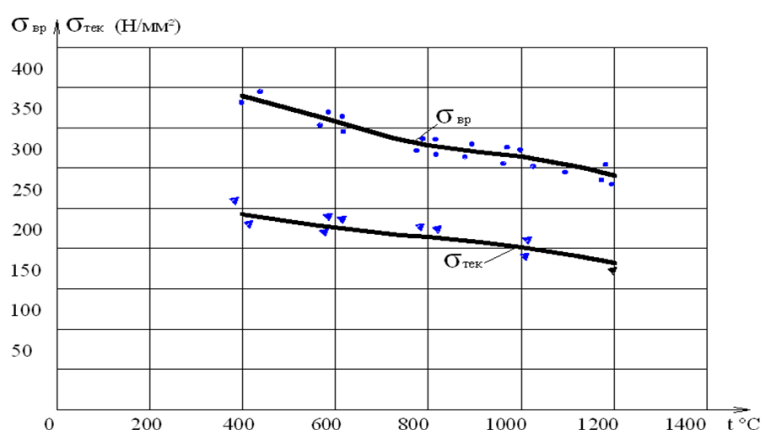


Рисунок 1 – График изменения физико-механических характеристик образцов стальных конструкций стекловаренной печи от температурного воздействия



Рисунок 2 – Общий вид испытаний и характер потери несущей способности подвесок свода стекловаренной печи

соответствует техническим характеристикам применяемой стали 12Х18Н9Т.

Анализ результатов испытаний подвесок показал, что несущая способность конструкции по сравнению с представленной расчетной нагрузкой 73 кг, имеет пятидесятикратный запас по сравнению с минимальным разрывным усилием, полученным при натуральных испытаниях.

Результаты испытаний натуральных образцов и аналитических расчетов позволяют рекомендовать к повторному применению подвески, не имеющие локальных дефектов и повреждений.

При компоновке подвесных конструкций свода ванны расплава элементы, подверженные температурному воздействию 1050 °С, необходимо установить на менее напряженных участках. При установке скоб обязательна установка шайб для устранения их деформации.

При испытаниях подвесок из мартенситовых сталей (12Х18Н9Т) наблюдается проявление магнитных свойств на участках, достигающих предела текучести. Указанный фактор позволяет провести отбор элементов подвесок на магнитопроницаемость. Элементы подвесок, проявляющие магнитные свойства, к дальнейшей эксплуатации не допущены [3].

#### Литература

1. Отчет по результатам инженерного обследования металлических колонн стекловаренной печи завода листового стекла ОсОО «Интерглас» (46/09-КМО). ГОСТ 1497-84 «Методы испытания на растяжение». Бишкек: КНИИПСС, 2009.
2. Техническое заключение по результатам инженерного испытания деталей «Подвески» № ЛТФ 1.1.04.590 завода листового стекла ОсОО «Интерглас». Бишкек: КНИИПСС, 2010.