

Куцев Дмитрий Витальевич

бакалавр, студент

Научный руководитель

Дмитриенко Владимир Александрович

канд. техн. наук, доцент

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

г. Шахты, Ростовская область

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОГИБ СТАЛЬНОЙ БАЛКИ С ИНТУМЕСЦЕНТНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Аннотация: статья посвящена оценке влияния нагрева стальной балки на её несущую способность и устойчивость без применения интумесцентных огнезащитных средств, и под их воздействием. Приведено описание использованного оборудования, методики проведения испытаний. В результате исследований получена зависимость несущей способности балки от её нагрева.

Ключевые слова: металлическая балка, нагрев, несущая способность, устойчивость.

Металлические конструкции очень часто применяются в современном строительстве из-за своих преимуществ. Они быстро монтируются, лёгкие, имеют высокую несущую способность – это делает из них отличный материал для возведения пролётных конструкций или элементов крыши. Однако, у них есть серьёзный недостаток, потеря несущей способности, устойчивости и значительное увеличение прогиба при температурном воздействии [1, с. 172–174].

Для оценки надёжности изгибаемого элемента под воздействием нагрузки и высокой температуры необходимо обеспечить соответствующий масштаб пролёта и точек нагрузки, а также относительно стабильную температуру в зоне исследований [2, с. 182]. Для проведения исследований была разработана и использована специальная установка, отображённая на рисунке 1. Состоящая из двух

стоек с закреплённым на них теплоизоляционным кожухом, через который пропусклась балка квадратного сечения 30×30 мм, с толщиной стенки 2.5 мм и длиной 2500 мм. Балка с нанесёнными метками для фиксации пролёта, обеспечения стабильности и повторяемости результатов укладывалась на две трёхногие опоры с металлическими уголками на верхней кромке. В середине балки располагается подвес для приложения нагрузки, а также нагревательные элементы, обеспечивающие высокую температуру в камере сгорания.



Рис. 1. Установка для проведения измерений прогиба

Термоизоляционный кожух, собранный из спрессованной минеральной ваты толщиной 50 мм на металлическом каркасе, служит для стабилизации температурных условий и ускорения прогрева балки. Балка подвергается постепенному ступенчатому нагреву и кратковременному нагружению с фиксацией температуры поверхности стали.

Для отслеживания степени прогиба балки под воздействием груза от 4 до 21 кг использовался индикатор часового типа ИЧ 50, закреплённый на штативе, установленном на устойчивом основании независимо от балки. Контроль температуры осуществлялся термопарами, подключенными к модулю ОВЕН МУ 210-

502. Результаты замеров температуры записывались на компьютер и обрабатывались затем в табличном процессоре.

Первоначально испытывались образцы без нанесения на них огнезащитного интумесцентного покрытия. Максимальный вес груза рассчитан таким образом, чтобы относительный прогиб не превышал значения 1:200 от длины образца и остаточная деформация при нормальной температуре отсутствовала.

В результате проведения исследований была установлена степень прогиба четырёх стальных образцов с грузом до 21кг под воздействием температур до 530°C. Результаты представлены в сводной таблице 1 и на графиках (рис. 2).

Таблица 1

Результаты исследований прогиба незащищённого стального профиля при температурной нагрузке в диапазоне от 20 до 530 градусов Цельсия

Вес груза, кг	0,00	8,60	12,9 0	17,2 0	19,9 0	21,0 0	19,9 0	17,2 0	12,9 0	8,60	0,00
Температура, °С	Прогиб, мм										
20	0,00	5,09	7,56	9,97	10,8 0	11,6 1	10,2 0	10,6 8	7,63	5,16	0,00
100	0,34	5,92	8,61	11,2 4	12,1 4	13,0 2	11,4 9	12,0 1	8,69	5,99	0,37
155	1,13	7,86	10,8 0	13,6 6	14,6 4	15,6 1	13,9 3	14,5 0	10,8 8	7,94	1,81
205	2,03	9,97	13,1 4	16,2 3	17,3 0	18,3 4	16,5 3	17,1 4	13,2 3	10,0 6	3,44
210	2,41	10,5 2	13,1 5	15,7 9	16,2 3	17,2 1	16,9 2	16,1 3	13,3 4	10,7 4	2,63
253	2,74	11,3 6	14,2 0	17,0 5	17,5 3	18,5 9	18,2 7	17,4 2	14,4 1	11,6 0	2,84
303	4,04	11,7 0	14,6 3	17,5 6	18,0 5	19,1 4	18,8 2	17,9 4	14,8 4	11,9 5	2,93
352	6,07	12,4 0	15,5 1	18,6 2	19,1 4	20,2 9	19,9 5	19,0 2	15,7 3	12,6 6	3,10
412	9,01	14,7 4	16,1 9	19,7 7	20,5 6	21,0 9	21,0 0	19,4 2	18,1 5	11,8 0	5,56
442	9,35	15,3 5	18,2 6	21,5 5	24,0 4	29,1 7	24,1 1	23,1 9	20,4 6	17,4 5	11,2
530	12,8 0	14,7 0	17,6 3	19,7 7	20,7 9	24,0 6	25,4 7	27,2 1	23,0 8	20,7 0	15,0 0

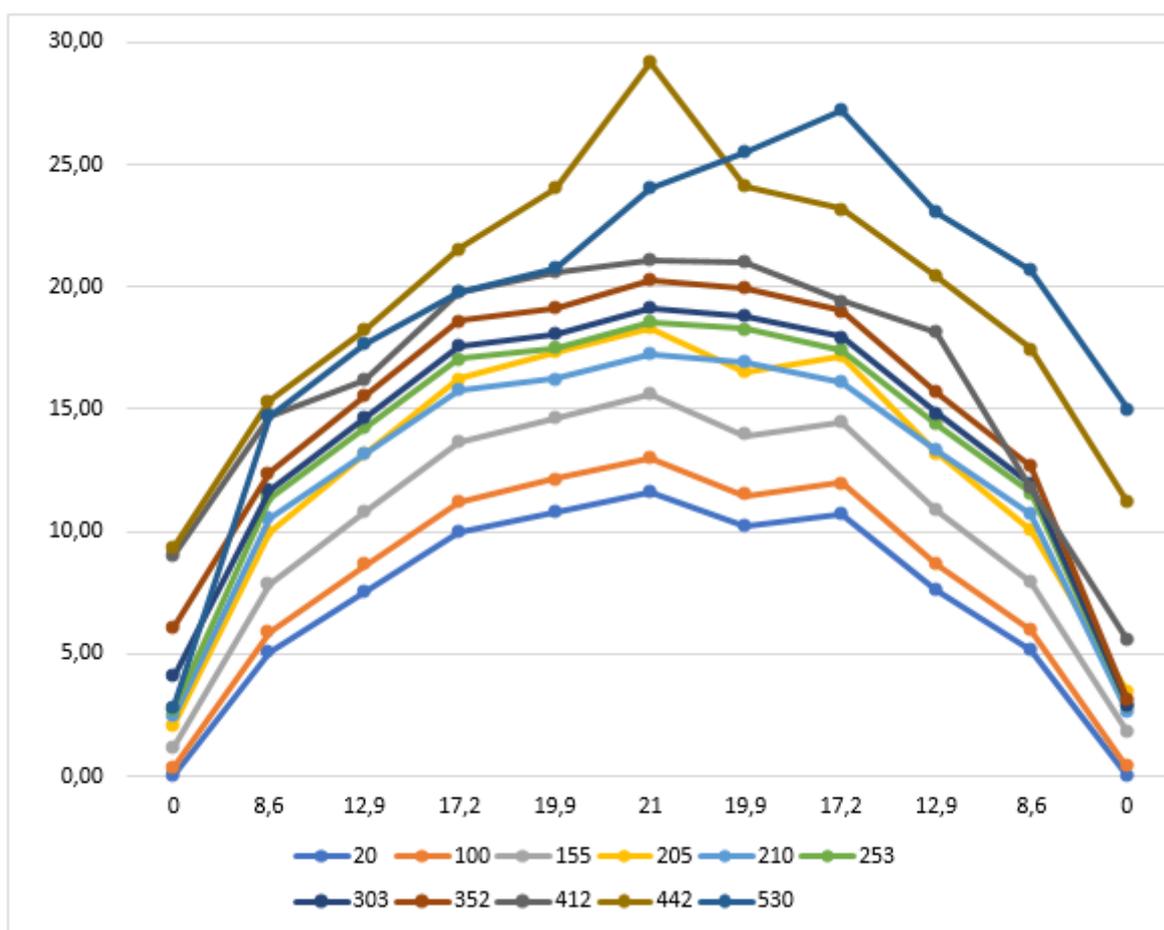


Рис. 2. График прогиба незащищённых образцов в диапазоне 20–530°C

Исследования показали, что нагрев даже значительно меньший критических значений увеличивает прогиб стальных конструкций. Это обстоятельство подтверждает необходимость огнезащиты металлических конструкций [3, с. 5].

Нанесение интумесцентного покрытия Neomid Professional 010 проводилось с помощью кисти, в соответствии с рекомендациями производителя, в 3 слоя с интервалом от 12 до 14 часов между ними, чтобы каждый слой полностью высох. Толщина покрытия в среднем составила 0,9 мм. После высыхания покрытия он был подвергнут экспериментальным исследованиям.

Результаты исследований прогиба профиля представлены в таблице 2 и на рисунке 3.

Таблица 2

Результаты исследований прогиба стального профиля с покрытием Neomid при температурной нагрузке в диапазоне от 20 до 600 градусов Цельсия

Вес груза, кг	0	8,6	12,9	17,2	19,9	21	19,9	17,2	12,9	8,6	0
Температура, °С	Прогиб, мм										
20	0	4,51	5,69	8,88	9,71	10,52	9,91	9,2	7,09	5	0,18
100	1,67	4,49	8,68	10,85	11,69	12,58	12	11,32	8,23	6,99	2
150	1,29	5,81	9,08	11,19	12,11	13,19	12,37	11,66	9,56	7,32	2,59
200	2,41	6,97	9,21	11,51	12,49	13,38	12,78	12,11	10	7,75	2,91
250	2,5	7,39	9,6	11,88	12,78	13,63	13,1	12,44	10,24	7,98	3
300	1,59	7,17	9,41	11,64	12,7	13,49	12,94	12,25	10,16	7,79	2,94
350	2,56	7,34	9,65	11,96	12,84	13,76	13,16	12,49	10,34	8,09	3,11
400	3,98	8,89	11,38	13,89	15	15,98	15,48	14,89	12,79	10,48	5,06
450	4	8,97	11,48	14,29	15,17	16,69	16,39	15,88	13,77	11,46	6
500	6,15	11,68	14,3	17,08	18,48	20	19,39	18,9	15,97	14,61	8,88
550	8,68	13,39	17,57	20,88	23,48	24,19	24,07	24	22,08	20,97	13,95
600	13,7	19,59	22,88	25,8	27,24	29,49	29,78	29,59	28,59	26,58	20,85

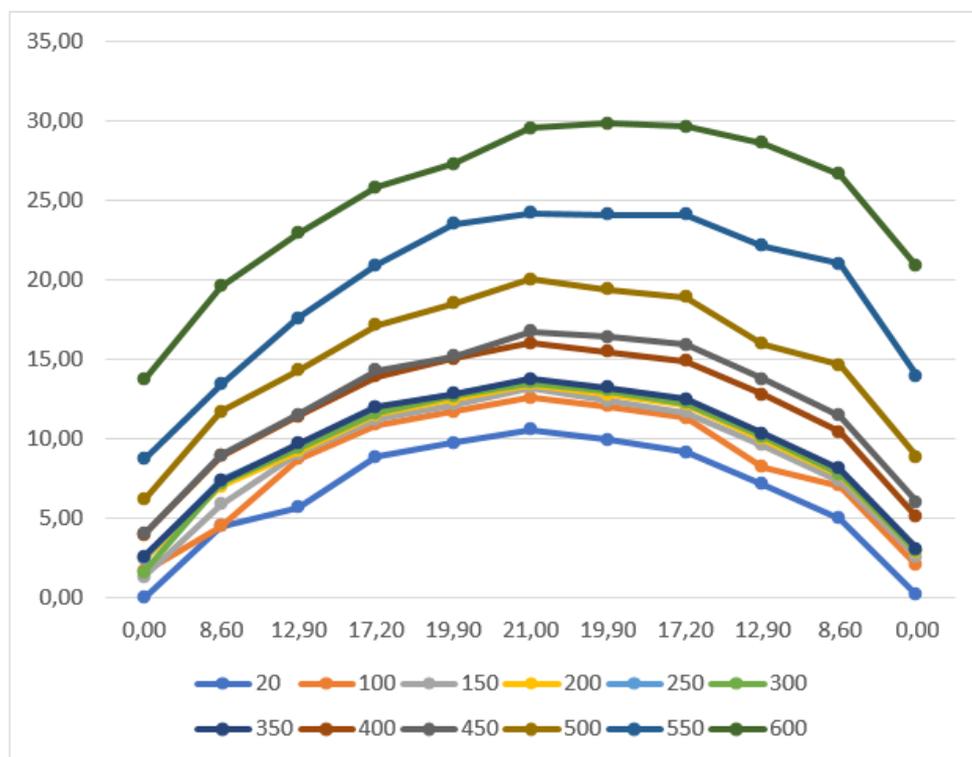


Рис. 3. График прогиба образца с огнезащитным интумесцентным покрытием Neomid в диапазоне 20–600 градусов Цельсия

Эксперименты, проведённые с огнезащитным покрытием Neomid показали, что образование огнезащитного пенококса происходит со значительным запаздыванием, лишь при достижении температуры в 300 градусов, что приводит к

увеличенному до 13,49 мм прогибу, при нормативном максимальном прогибе в 12,5 мм. Результаты испытаний на прогиб после достижения 400 градусов являются неутешительными – 21,09 мм против 15,98 мм у образца с интумесцентным покрытием, наблюдается ползучесть стали и её провисание под нагрузкой. Также во время пенококсообразования выделяется значительное количество едкого дыма, усложняющего дыхание.

Список литературы

1. Артамонов В.С. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: учебник. – Ч. 1. Строительные материалы, их пожарная опасность и поведение в условиях пожара / В.С. Артамонов, А.Н. Гилетич, В.Н. Демехин [и др.]. – СПб.: С.-Петербург. университет ГПС, 2007. – 179 с. – ISBN 978-5-901496-18-3.

2. Лимонов Б.С. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре / Б.С. Лимонов [и др.]; МЧС России, Санкт-Петербургский ун-т гос. противопожарной службы. – Ч. 1. Строительные материалы, их пожарная опасность и поведение в условиях пожара. – СПб.: Санкт-Петербургский ун-т ГПС МЧС России, 2015. – 182 с. – ISBN 978-5-906765-09-3.

3. СНиП 21-01 Пожарная безопасность зданий и сооружений. Москва, 2007. Введён 1998–01–01. Зарегистрирован Росстандартом в качестве СП 112.13330.2011 // Техэксперт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/871001022>.