



Ш.Э. Булгаков

Вологодский государственный университет

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕЧНОГО ПРОЛЕТА С РАБОЧЕЙ ПЛОЩАДКОЙ ОСИ “1–51”, РЯДЫ “В–Г” ЭСПЦ ОАО «СЕВЕРСТАЛЬ»

В статье представлены результаты обследования строительных конструкций печного пролета с рабочей площадкой оси “1–51”, ряды “В–Г” ЭСПЦ ОАО «СЕВЕРСТАЛЬ» в связи с длительным сроком их эксплуатации и накоплением дефектов. Выполнено обследование строительных конструкций, обнаруженные дефекты сведены в таблицу дефектов; выполнена геодезическая съемка конструкций для определения их положения в пространстве, определены прочность и марки сталей путем химического анализа отобранных образцов, а также измерением их поверхностной твердости. Особое внимание уделено изучению влияния термического воздействия на структуру применяемых марок сталей, и в частности, кипящих сталей. С этой целью выполнены металлографические исследования отобранных образцов.

Строительные стальные конструкции, дефекты, определение прочности строительных материалов, геодезическая съемка, исследования химического состава сталей, металлографические исследования структуры металла.

Главной целью исследований является определение технического состояния эксплуатируемых строительных конструкций. В ходе этих исследований составляется карта дефектов, на основании которой определяется остаточный ресурс конструкций, сроки текущих и капитальных ремонтов и продолжительность дальнейшей эксплуатации. Основным методом производства подобных работ является визуально-инструментальный осмотр конструкций, совмещаемый по ходу работ и их сложности с определением прочностных характеристик материалов, геодезическими измерениями, контролем за наличием и поведением трещин различного происхождения и т.п. В последнее время наметились тенденции в использовании компьютерного онлайн-моделирования поведения конструкций под нагрузкой в течение всего периода их эксплуатации. Широкому внедрению таких методов производства работ препятствует их высокая стоимость и ряд технических проблем в реализации. Поэтому их применение ограничено уникальными объектами и в основном используются традиционные методы.

Здание ЭСПЦ включает в себя главный корпус в осях “А–Д”, “Е/1–51” (три пролета шириной по 30 м) и отделение термообработки и зачистки слябов в осях “Ж–К/1–67” (два пролета шириной по 30 м), сблокированные в одно здание при помощи вспомогательного аэрационного пролета в осях “Д, Е” – “Ж/1–51” (ширина пролета 18 м). Трехпролетный главный корпус состоит из шихтового, печного и разливочного пролетов. Печной пролет расположен в осях Б, В–Г/1–51. Строительство ЭСПЦ велось поочередно. Первая очередь спроектирована ЛО ЦНИИПСК в 1966 г., цех построен и пущен в эксплуатацию в 1969 г. В 1977 г. пущена 2-ая очередь строительства, заключающаяся в удлинении пролетов цеха на 96 м. Первоначально в печном пролете были установлены три 100-тонных сталеплавильных электропечи и одна электропечь для выплавки шлака.

С расширением цеха была установлена новая 100-тонная электроплавильная печь. Сейчас в печном пролете функционирует две шахтных электропечи. Несущий каркас печного пролета входит в состав рамы главного корпуса, состоящей из жесткой многопролетной рамы печного и разливочного пролетов и шарнирно-примыкающих к ним рам шихтового и аэрационного пролетов. Колонны каркаса жестко заземлены в отдельных фундаментах. Стропильные фермы печного пролета также жестко сопряжены с колоннами и шарнирно с подстропильными фермами. Общая ширина поперечника цеха составляет 170 м, при этом продольный температурный шов отсутствует, и температурные деформации уменьшаются благодаря деформативности верхней части колонн по ряду “Ж”. Несущие конструкции покрытия представляют собой односкатные стропильные фермы с параллельными поясами пролетом 30 м и высотой 3,5 м с уклоном $i = 1:8$. Шаг стропильных ферм переменный – в осях “21”–“22” и “26”–“27” по 6 м, в остальных осях – 12 м. Отметка нижнего пояса ферм 31,6 м. Покрытие представляет собой стальные панели размером 3×12 м. По панелям уложен стальной настил толщиной 3 мм. По обе стороны от ряда “Г” устроен аэрационный фонарь длиной 24 м.

Рабочая площадка на отм. +7,84 расположена в осях “1”–“47” печного пролета “В”–“Г”, который обслуживается 4-мя мостовыми кранами (№ 7, № 8, № 9, № 10), расположенными начиная с оси “1”, грузоподъемностью соответственно 180/63/20, 140/30/5, 140/30/5, 125/30 т. Длина площадки – 276 м, ширина – 30 м. Часть площадки в осях “1”–“31” была введена в эксплуатацию в 1969 г. вместе с первой очередью строительства ЭСПЦ. Первоначально рабочая площадка была предназначена для обслуживания четырех электропечей, расположенных в районе осей “8”–“11”, “19”–“22” и “26”–“29” соответственно, и одной электропечи ОКБ 1109, находящейся между осями “17”–“19”. В настоящий момент все четыре

печи демонтированы. Расширение рабочей площадки было произведено в 1975 г. во время 2-й очереди строительства.

По результатам изучения технической и эксплуатационной документации, а также по сведениям, предоставленным заказчиком, объект ранее подвергался обследованию специализированными организациями: заключение ГПИ «ЛенПСК» в 1993 г. и 1999 г., заключение экспертизы промышленной безопасности ЗАО «Эркон» (код комплекта 10Э02/РС2352.11.04.02 – ТЭ-2) на конструкции рабочей площадки в осях “Б”, “В”–“Г”/”1”–“47” на отметке +7,840 м ЭСПЦ (печной пролет).

Обследование строительных конструкций печного пролета с рабочей площадкой проводилось в соответствии с [1, 2] и другой действующей нормативно-технической документацией. При проведении обследования была изучена имеющаяся проектная, техническая и исполнительная документация. Затребована и изучена документация, отражающая все происшествия и инциденты в период между проводимыми обследованиями.

По проектной документации установлена проектная организация – автор проекта, год его разработки, конструктивная схема здания, сведения о примененных в проекте конструкциях, монтажная схема сборных элементов, время их изготовления и возведения здания, геометрические размеры здания, его элементов и конструкций, характеристики применяемых материалов. Обследование проходило без остановки технологического процесса и включало в себя визуальный осмотр всех строительных конструкций сооружения с фиксацией (графической и фото). Выполнены замеры выявленных дефектов и повреждений, обмерные работы, проверка соответствия обследуемых конструкций и конструктивных схем проектным решениям, а также инструментальный контроль параметров технического состояния и определение физико-механических свойств конструкционных материалов [3, 4]. Выполнена геодезическая съемка подкрановых балок, определено отклонение колонн несущего каркаса от вертикали и выполнена схема условной нивелировки стропильных ферм. Максимальные отклонения колонн от вертикали колонн на отм. +23.00 в плоскости рамы относятся к колонне ряда “В” по оси 15 величиной 22 мм, а также ряда “Г” по оси “35” соответственно величиной 26 мм. Допустимые значения отклонения равны $\ell=0/001 \cdot 23000=23$ мм – фактические отклонения превышают допустимые значения. Максимальные отклонения колонн от вертикали колонн на отм. +23.00 из плоскости рамы относятся к колонне ряда “В” по оси “24” величиной 31 мм, а также ряда “Г” по оси “43” соответственно также 31 мм. Допустимые значения отклонения равны $\ell=0/001 \cdot 23000=23$ мм – фактические отклонения превышают допустимые значения.

В ходе обследования строительных конструкций печного пролета с рабочей площадкой по результатам выборочных промеров установлено следующее: фактические размеры между осями основных конструктивных элементов, отметки по высоте соответствуют проекту, находятся в пределах допусков нормативных

документов. Габаритные размеры, длины, сечения конструктивных элементов в основном соответствуют принятым в проекте и соответствуют результатам обмеров предшествующей экспертизы. Габаритные размеры, длины, сечения конструктивных элементов в основном соответствуют принятым в проекте и соответствуют результатам обмеров предшествующей экспертизы.

Анализируя по таблице дефектов их состав и руководствуясь [5, 6], основными дефектами и повреждениями ограждающих и несущих металлических конструкций по рядам “Б”, “В” и “Г” выявлены последствия механических воздействий при транспортировке и установке, ремонтах, при прокладке технологических коммуникаций. Речь идет о повреждениях наиболее гибкого элемента конструкции колонн – соединительной решетки. В некоторых случаях речь идет о повреждениях самих ветвей колонн. Имеются повреждения в виде прожогов, местных погибей полков и ребер жесткости, отсутствия ребер жесткости. Выполнены измерения толщины «живого» сечения элементов колонн. Предварительно перед измерением их поверхность очищалась от остатков антикоррозионного покрытия и следов коррозии. Определение толщины поврежденного коррозией элемента здесь и в дальнейшем производилось в наиболее поврежденных коррозией местах с помощью ультразвукового толщиномера А1209. В целом коррозия материала колонн незначительная (не более $1 \div 2$ %).

При обследовании металлических конструкций следует учитывать, что для проектирования и строительства в 1950–1970 гг. из экономических причин практиковалось применение кипящих марок сталей. Для этих сталей характерно наличие дефектов структуры, приводящих к образованию микротрещин и снижению их несущей способности. Сопутствующими осложняющими факторами являются любые локальные повреждения (отверстия, погиби, прожоги и т.п.), термические воздействия, коррозия и динамический характер нагрузок, действующих на конструкции. На практике достаточно часто применение в конструкциях кипящих сталей приводило и приводит к существенным, не всегда обоснованным ограничениям при их эксплуатации.

Для определения механических и химических свойств стали, из которых изготовлены несущие конструкции, взяты образцы металла. Для определения марки стали ввиду трудного доступа и уменьшения степени повреждения конструкций при отборе образцов использовались не обычные стандартные образцы. Был произведен отбор образцов в виде металлической стружки с последующим ее химическим анализом. Результаты химического анализа приведены в таблице. Далее, пользуясь «Марочником сталей и сплавов» [7], определяют по химическому составу марку стали и ее механические характеристики. Дополнительно выполнено определение поверхностной твердости металла с помощью динамического твердомера «ТЕМП-2» № 021796. Выполнено металлографическое исследование структуры металла отобранных образцов.

**Выписка из протокола химического анализа предоставленных образцов
для определения марки стали**

№ анализа образца	Изделие	Содержание элементов, %								Марка металла	Примечание ГОСТ
		C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu		
1	Металлоконструкция печного пролета с рабочей площадкой оси «1-51» ряда В-Г ЭСПЦ ООО «Северсталь»	0,11	0,91	1,43	0,021	0,017	0,15	0,13	0,07	10Г2С1	19281-89
2		0,1	0,85	1,38	0,019	0,015	0,13	0,11	0,06	10Г2С1	19281-89

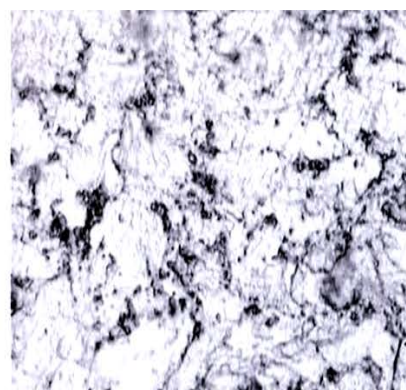
Скол № 1



x100

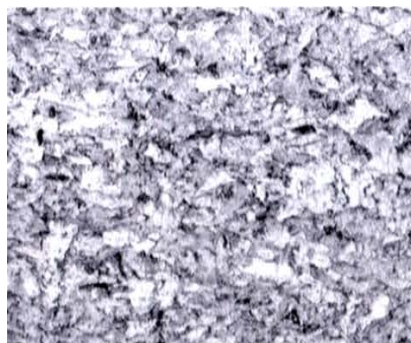


x500

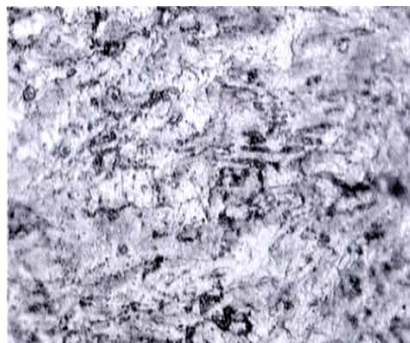


x1000

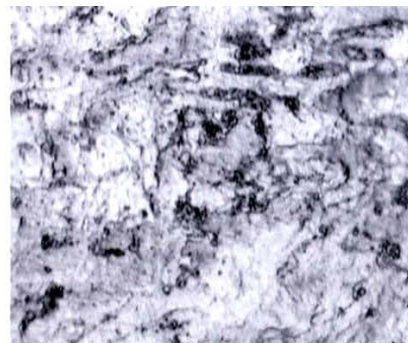
Скол № 2



x100



x500



x1000

Рис. Образцы микроструктуры металла сколов при различном увеличении

Структура образцов не имеет признаков значительного нагрева металла. Сфероидизация перлита вызвана условиями отпуска. Соответствует эталонам микроструктуры для сталей ферритно-перлитного класса. Изменений в структуре металла образцов не наблюдается (рис.). Установлено, что в конструкциях колонн применена сталь, соответствующая современной маркировке 10Г2С1 по ГОСТ 19281-89.

На основании результатов проведенных работ можно сделать выводы:

1. В целом, анализируя состояние несущих и ограждающих конструкций, по результатам обследования следует признать, что его можно характеризовать как ограниченно-работоспособное. Здание можно эксплуатировать при соблюдении ряда условий и

проведении ряда мероприятий. Параметры напряженно-деформированного состояния в части изменения прочностных и деформационных характеристик находятся в допустимых границах, установленных действующими нормативными документами.

2. Проведенные металлографические исследования показали, что применение кипящих марок стали в конструкциях здания, подверженных термическим воздействиям при длительной эксплуатации, не привело к изменению структуры металла. Поэтому при условии соблюдения должных условий эксплуатации, обеспечении мониторинга (система периодических, текущих осмотров), снижении уровня термических и динамических нагрузок и т.п. [3] возможно вести их дальнейшую эксплуатацию.

Литература

1. Технический регламент безопасности зданий и сооружений : Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ : принят Государственной думой 23 декабря 2009 года : одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 года. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : справочно-правовая система / Компания «КонсультантПлюс» (дата обращения: 08.10.2020).
2. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения : межгосударственный стандарт : введен 2015-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 16 с.
3. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния : межгосударственный стандарт. – Москва, 2012. – 89 с.
4. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. Госстрой. России. – Москва, 2004. – 26 с.
5. Булгаков, Ш. Э. Результаты обследования строительных конструкций учебных корпусов здания общественного назначения в г. Череповце / Ш. Э. Булгаков // Эффективные строительные конструкции: теория и практика : сборник статей XIX Международной научно-технической конференции. – Пенза : Приволжский дом знаний, 2019. – С. 25–29.
6. ЭРД–22-02-99. Руководство по оценке технического состояния стальных подкрановых конструкций. ЦНИИПСК им. Мельникова, СИБПРОЕКТСТАЛЬ-КОНСТРУКЦИЯ, АО «ВНИИПТМАШ». – Москва : Новокузнецк, 2000.
7. Сорокин, В. Г. Стали и сплавы. Марочник. Справочник / В. Г. Сорокин. – Ингермет Инжиниринг, 2001. – 608 с.

Sh. E. Bulgakov
Vologda State University

RESULTS OF THE SURVEY OF BUILDING STRUCTURES OF FURNACE SPAN WITH THE WORKING PLATFORM OF AXIS "1-51", ROWS "V-G" OF ESPC OF SEVERSTAL JSC

The article presents the results of the survey of the building structures of the furnace span with the working platform of the axis "1-51," rows "B-G" of the ESPC of SEVERSTAL OJSC regarding the long service life and accumulation of defects. The building structures were inspected; the detected defects were summarized in the table of defects; geodesic survey of structures was carried out to determine their position in space; strength and grade of steels were determined by chemical analysis of thermal samples and also measurement of their surface hardness. Special attention is paid to studying the influence of thermal influence on the structure of used steel grades, and in particular boiling steels. For this purpose, metallographic studies of the selected samples were performed.

Structural steel constructions, defects, determination of strength of construction materials, geodesic survey, research of chemical composition of steels, metallographic research of metal structure.