

Если температура T_m больше температуры в печи $T_{\text{печ}}$, то в печи нужно отвести лишнюю теплоту от слитка. Но так как температура поверхности слитка $T_{\text{пов}}$ при поступлении в печь меньше температуры в печи $T_{\text{печ}}$, то сначала слиток будет получать теплоту из рабочего пространства печи, и среднемассовая температура слитка станет еще больше. Лишь спустя какое-то время после помещения слитка в печь температура поверхности слитка превысит температуру в печи, и слиток начнет отдавать излишнюю теплоту в рабочее пространство. Данный режим не является оптимальным, так как происходит затягивание процесса выравнивания температурного поля слитка в печи. В этом случае, чтобы приблизить режим к оптимальному, нужно увеличить время выдержки слитка в изложнице $\tau_{\text{изл}}$.

Если среднемассовая температура T_m на входе в печь меньше температуры в печи $T_{\text{печ}}$, то для разных времен нагрева $\tau_{\text{нагр}}$ рассчитывается температурное поле слитка. Если для каких-то значений $\tau_{\text{нагр}}$ температура поверхности превысит температуру в печи ($T_{\text{пов}} > T_{\text{печ}}$), это означает, что среднемассовая температура слитка превысила температуру в печи, и данный режим не является оптимальным. Чтобы приблизиться к оптимальному режиму, нужно увеличить $\tau_{\text{изл}}$.

Если для времен $\tau_{\text{нагр}}$ больших некоторого значения, температура на оси слитка $T_{\text{оси}}$ становится меньше температуры на поверхности $T_{\text{пов}}$, то такой режим также не является оптимальным, и нужно уменьшить продолжительность выдержки слитка в изложнице $\tau_{\text{изл}}$.

Если для всех $\tau_{\text{нагр}}$ температура на оси больше температуры в печи, а температура на поверхности

меньше температуры в печи ($T_{\text{оси}} > T_{\text{печ}} > T_{\text{пов}}$), то такой режим является оптимальным, и текущее значение $\tau_{\text{изл}}$ также является оптимальным ($\tau_{\text{изл}} = \tau_{\text{изл, опт}}$). При таком режиме быстрее всего достигается необходимое качество нагрева. По заданному качеству нагрева ΔT_{max} для оптимального режима определяется минимальная длительность нагрева слитка в печи $\tau_{\text{нагр, min}}$.

Отметим, что в оптимальном варианте подвод теплоты к слитку в печи является незначительным, так как по существу в печи происходит выравнивание температуры по сечению слитка. Например, за счет сокращения длительности нахождения в изложнице с $\tau_{\text{изл}} = 180$ мин. до оптимального значения $\tau_{\text{изл, опт}} = 85$ мин., при $\tau_{\text{в1}} = 5$ мин., $\tau_{\text{терм}} = 30$ мин., $\tau_{\text{в2}} = 5$ мин., длительность нагрева слитка Р-4,5 (сталь 08Х18Н10Т) в печи, необходимая для качества нагрева $\Delta T_{\text{max}} = 30$ °С, сокращается с $\tau_{\text{нагр}} = 175$ мин. до минимального значения $\tau_{\text{нагр, min}} = 60$ мин., т.е. в три раза. Соответственно, в три раза возрастает производительность печи, значительно сокращаются удельный расход топлива и потери металла от окисления в печи.

Литература

1. Лукин, С.В. Математическая модель охлаждения слитка в термостате / С.В. Лукин, В.В. Мухин, Н.И. Шестаков, Ю.В. Антонова // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2013. – № 3. – Т. 2. – С. 28 – 30.
2. Лукин, С.В. Энергосбережение в нагревательных печах за счет оптимизации режимов разлива, охлаждения и нагрева стальных слитков / С.В. Лукин, Н.И. Шестаков, Ю.В. Антонова // Промышленная энергетика. – 2013. – № 10. – С. 26 – 30.

Н.С. Маконкова, Р.Ш. Адигамов, Е.А. Нечаева

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Своевременное обследование позволяет значительно продлить срок службы зданий и предупредить возникновение аварийных ситуаций. Обследование делится на визуальное и инструментальное. На втором этапе применяется электронное и лазерное геодезическое оборудование, которое позволяет получить более точные результаты по сравнению с измерениями, выполненными оптическими инструментами.

Деформация, крен, сдвиг, осадки, теодолит, нивелир, тахеометр, деформация, дефект, трещина, кирпичная кладка.

Contemporary survey can greatly extend the life of buildings and prevent them from accident situations. The survey is divided into visual and instrumental. Electronic and laser geodesic equipment applied in the second stage provides more accurate results compared with measurements made by optical instruments.

Deformation, rolling, shear, fallout, theodolite, level, tachymeter, warping, defect, crack, brickwork.

Обследование технического состояния отдельных строительных конструкций и зданий в целом является самостоятельным направлением строительной деятельности. Его цель – обеспечение в зданиях нормальных условий труда и жизнедеятельности

людей, а также устойчивости, прочности и надежности постройки в целом.

Развитие нормативной базы проектирования, технических и противопожарных норм эксплуатации требуют систематического анализа данных об экс-

плутационной надежности зданий и сооружений и их отдельных конструктивных элементов. Наиболее достоверным методом получения таких сведений являются натурные обследования, выполняемые по определенной методике и сопровождаемые рядом необходимых геодезических измерений. Точное измерение таких параметров, как: горизонтальные и вертикальные углы, расстояния и высоты характерных точек – позволяют определить деформации зданий и сооружений, выявить причину их возникновения и принять соответствующие меры для их устранения. Это позволяет значительно продлить срок службы зданий и сооружений и предупредить возникновение аварийных ситуаций.

Объем проводимых обследований зданий и сооружений увеличивается с каждым годом, что является следствием ряда факторов: физического и морального износа, перевооружения и реконструкции промышленных предприятий, реконструкции малоэтажной старой застройки, изменения форм собственности и резкого повышения цен на недвижимость и земельные участки и др.

В процессе эксплуатации зданий вследствие различных причин происходит их физический износ, который сопровождается снижением несущей способности строительных конструкций и их чрезмерными деформациями. Для разработки мероприятий по компенсации износа, восстановлению эксплуатационных качеств строительных конструкций необходимо их обследование.

Программа обследования и оценки технического состояния строительных конструкций должна содержать цель обследования и состав выполняемых работ, включающий в себя анализ имеющейся технической документации, рассмотрение фактических нагрузок и воздействий на строительные конструкции, проверочные расчеты и оценку технического состояния строительных конструкций.

На этапе предварительного обследования определяют общее состояние строительных конструкций и производственной среды, состав намечаемых работ и сбора исходных данных, необходимых для составления технического задания на детальное инструментальное обследование для установления стоимости предполагаемых работ и заключения договора с заказчиком.

Состав работ по предварительному обследованию включает:

- общий осмотр объекта;
- сбор информации об особенностях региона строительства, климатические и природно-геологические условия, сейсмичность региона и др.;
- общие сведения о здании, время строительства, сроки эксплуатации;
- общие характеристики объемно-планировочного, конструктивного решений и систем инженерного оборудования;
- особенности технологии производства с точки зрения их воздействия на строительные конструкции;
- фактические параметры микроклимата или производственной среды, температурно-влажностный режим, наличие агрессивных к строительным

конструкциям технологических выделений, сведения об антикоррозийных мероприятиях;

- гидрогеологические условия участка и общие характеристики грунтов оснований;
- изучение материалов ранее проводившихся на данном объекте обследований производственной среды и состояния строительных конструкций;
- изучение материалов по ранее проводившимся работам по ремонту и усилению и восстановлению эксплуатационных качеств строительных конструкций.

На стадии предварительного визуального обследования должны быть установлены по внешним признакам категории технического состояния конструкций в зависимости от имеющихся дефектов и повреждений.

В зависимости от имеющихся дефектов и повреждений техническое состояние конструкций может быть классифицировано по четырем категориям согласно общим признакам, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Классификация технического состояния конструкций

Категория состояния конструкции	Общие признаки, характеризующие состояние конструкции
I – нормальное	Отсутствуют видимые повреждения и трещины, свидетельствующие о снижении несущей способности конструкций. Выполняются условия эксплуатации согласно требованиям норм и проектной документации. Необходимость в ремонтно-восстановительных работах отсутствует
II – удовлетворительное	Незначительные повреждения, на отдельных участках имеются раковины, выбоины, волосяные трещины. Антикоррозийная защита имеет частичные повреждения. Обеспечиваются нормальные условия эксплуатации. Требуется текущий ремонт с устранением локальных повреждений без усиления конструкций
III – неудовлетворительное	Имеются повреждения, дефекты и трещины, свидетельствующие об ограничении работоспособности и снижении несущей способности конструкций. Нарушены требования действующих норм, но отсутствует опасность обрушения и угроза безопасности работающих. Требуется усиление и восстановление несущей способности конструкций
IV – предаварийное или аварийное	Существенные повреждения свидетельствуют о непригодности конструкции к эксплуатации и об опасности ее обрушения, об опасности пребывания людей в зоне обследуемых конструкций. Требуются неотложные мероприятия по предотвращению аварий (устройство временной крепи, разгрузка конструкций и т.п.). Требуется капитальный ремонт с усилением или заменой поврежденных конструкций в целом или отдельных элементов

При выявлении дефектов и повреждений строительных конструкций целесообразно выполнять их видео и фотофиксацию (табл. 2). По окончании работ по обследованию строительных конструкций здания составляется заключение и разрабатываются компенсирующие мероприятия для возможности дальнейшей эксплуатации здания. В данной работе рассмотрен пример обследования здания Череповецкого государственного университета, расположенного по адресу: пр-т Победы, д. 12. При этом выполнено визуальное и инструментальное обследование его несущих стен, фотофиксация всех выявленных дефектов и повреждений. На фасаде здания показана карта повреждений в виде трещин различного характера.

Таблица 2

Фотофиксация повреждений здания

Фото 1. Разрушение отмостки	
Фото 2. Разрушение цокольной части на глубину до 20 мм	
Фото 3. Односторонние трещины в кирпичной стене из-за деформации горизонтальных сечений кладки	
Фото 4. Непроектная толщина швов кирпичной кладки	

Неотъемлемой составной частью системы технического контроля зданий являются геодезические

измерения. Цель – своевременное выявление критичных величин деформаций зданий, установление причин их возникновения, составление прогнозов развития деформаций, выработка мер для обеспечения надежности здания.

В настоящее время для контроля за деформациями зданий можно применять разнообразное геодезическое оборудование: электронное, цифровое, лазерное. Лазерные и цифровые нивелиры позволяют с высокой точностью определять осадки зданий. Безотражательные лазерные тахеометры, работая в режиме координатных измерений (рис. 1), дают возможность быстрого и точного определения и сдвигов, и кренов, и осадок. Большим преимуществом лазерного тахеометра является также то, что он выполняет измерения при визировании непосредственно на конструктивные элементы здания. Кроме того, инструмент имеет запоминающее устройство и фиксирует все результаты измерений в определенный файл работы, а при подключении к компьютеру позволяет строить исполнительные схемы в автоматическом режиме.

S	525.450 м
Z	80°30' 10"
ГУп	120°10' 10"
X	-128.045
Y	-226.237
H	30.223

Рис. 1. Изображение дисплея тахеометра в режиме координатных измерений

Геодезические наблюдения за вертикальными смещениями (наблюдения за осадками) зданий и сооружений наиболее распространены, они представляют собой важную часть оценки их технического состояния. Чтобы организовать эти наблюдения, в стены здания по его периметру закладываются деформационные марки (осадочные марки), по которым проводится высокоточное геометрическое нивелирование. Разность высотных отметок осадочных марок, которые получены с каждого следующего цикла измерений, дает возможность анализировать неравномерность осадок фундаментов стен зданий по различным сечениям и скорость их изменения. На основании полученных результатов принимается решение о необходимости обследования фундаментов с выполнением инженерно-геологических изысканий и разработке мероприятий по их усилению.

В данной работе методом точного геометрического нивелирования определены осадки характерных точек несущих стен, они отображены на исполнительной схеме, фрагмент которой представлен на рис. 2, а также выполнены геодезические измерения горизонтальных смещений (кренов, сдвигов) несущих стен.

Для сравнения точности полученных результатов аналогичные измерения были выполнены электронным тахеометром, работающим в режиме координатных измерений. Полученные графики осадок со-

оружения представлены на рис. 3, из которого следует, что тахеометр позволил получить более точные результаты. Полученная при геодезических измерениях информация позволила установить следующее:

1) значения относительной неравномерности осадок стен здания по различным значениям не превосходят значения, установленные СНиП 2.02.03-85* «Основания и фундаменты»;

2) причиной образования трещин в наружных несущих стенах зданий является снижение несущей

способности материала кладки и явление деформации (искривление) сечений кладки, вызванная неравномерными напряжениями в месте сопряжения простенков с подоконными частями кладки.

Полученные результаты геодезических измерений позволили правильно оценить состояние несущих и ограждающих конструкций здания и своевременно разработать рекомендации по устранению причин всех выявленных дефектов сооружения.

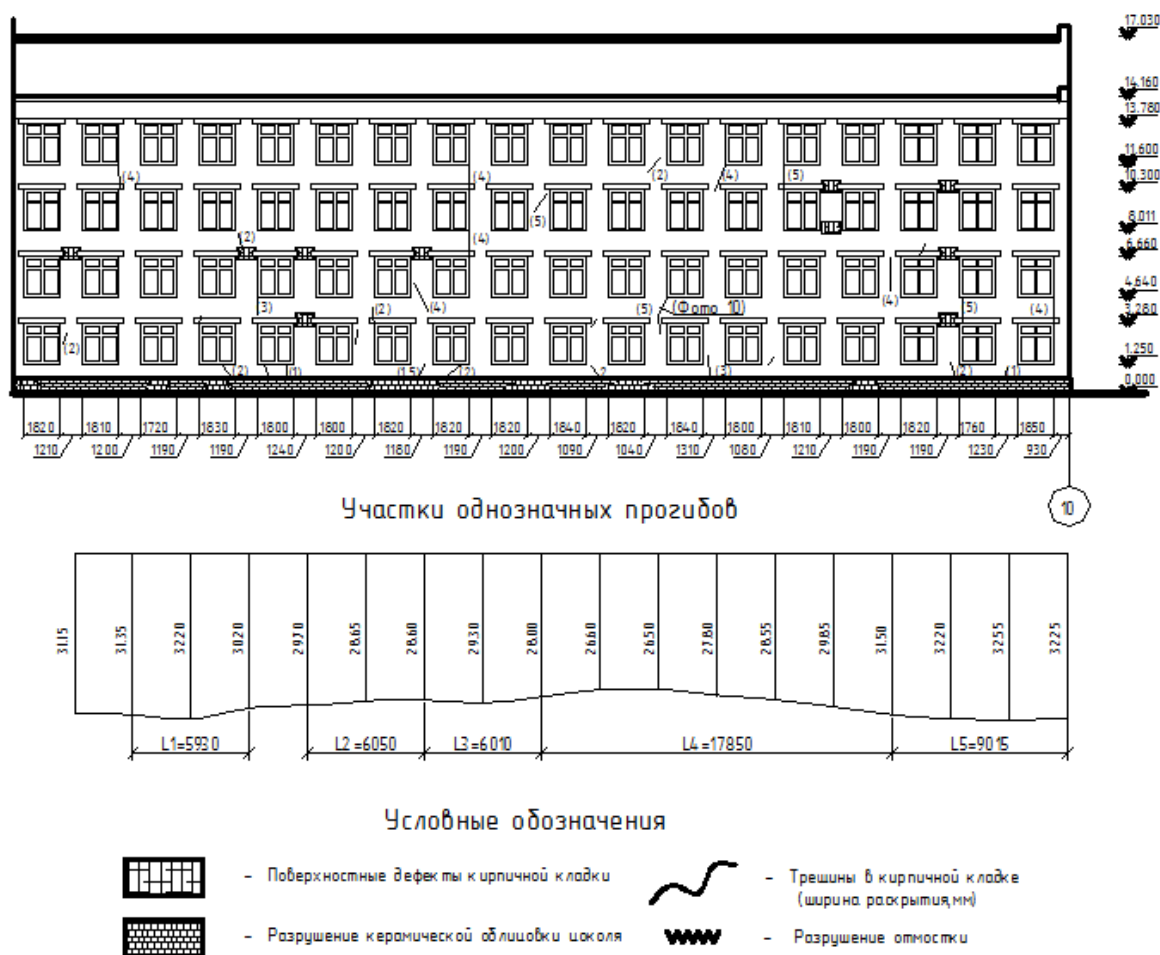


Рис. 2. Исполнительная схема обследования здания ЧГУ, расположенного по адресу: пр-т Победы, д. 12

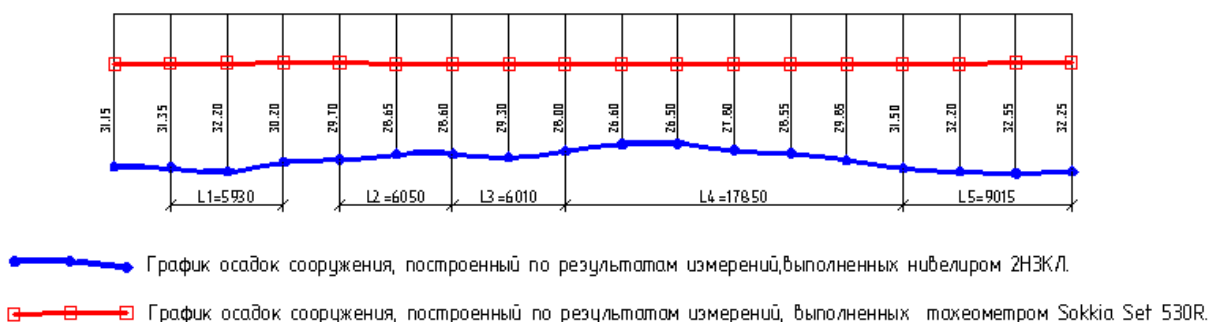


Рис. 3. Сравнение графиков осадок сооружения

Литература

1. Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии: в 2 т. Т. 1. / К.М. Антонович. – М., 2005.
2. АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ»: Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. – М., 2004.

3. Лаборатория геотехнологий ГЕОДАН. – URL: <http://www.geodan.ru/>.
4. Маконкова, Н.С. Геодезические измерения. Учебная практика / Н.С. Маконкова, Р.Ш. Адигамов. – Череповец, 2014.

УДК 669.18:621.746

А.Т. Степанов, В.В. Малов, Н.Н. Суворин

О ПРИЧИНАХ ПОРАЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ СЛЯБОВ ИЗ СТАЛИ St 52 СЕТЧАТЫМИ ТРЕЩИНАМИ

Представлены результаты металлографического изучения причин поражения поверхности слэбов из стали St52 трещинами глубиной 3 – 5 мм. Установлено, что трещины образуются при температурах менее 700 – 800 °С в период перекристаллизации стали. Сталь с содержанием углерода 0,10 – 0,20 % и марганца – более 1 % по своим свойствам склонна к образованию трещин в период перекристаллизации. Неоптимальное соотношение технологических параметров разлива и охлаждения отлитых слэбов является основной причиной поражения слэбов сетчатыми трещинами.

Сталь, слэб, поверхностная трещина, кристаллизация, углерод, марганец, прочность.

The paper presents the results of the metallographic study of the causes of the defeat of micrographic surface slabs of steel St52 by cracks of 3-5 mm depth. It is found that the cracks are formed at temperatures less than 700-800°C during recrystallization of steel. Steel with carbon content 0.10-0.20% and manganese – more than 1 % according to its properties are prone to cracking during recrystallization. Suboptimal ratio of technological parameters of casting and cooling of cast slabs is the main cause of defeating the slabs by netlike cracks.

Steel, slab, surface crack, crystallization, carbon, manganese, strength.

В металлургической практике известно, что поверхность непрерывнолитых слэбов часто бывает поражена поверхностными трещинами, относящимися к «холодным». Причины их образования неоднозначны для разных марок сталей. Для выявления причин появления подобных трещин (паукообразных, сетчатых) в КП «ОАО Северсталь» была выплавлена и разлита на МНЛЗ № 3 партия стали марки St52 (15 плавок). Слябы размером 250x1630x9000 мм охлаждались на складе слэбов КП в течение 48 ч в штабеле и подвергались 100 % -ному осмотру ОТК при приемке. Как выяснилось, все слябы на всех плавках оказались пораженными поверхностными дефектами – сетчатыми трещинами. Каких-либо других значимых макродефектов не обнаружено ни при визуальном контроле ОТК, ни при макроанализе темплетов. В результате, большая часть слэбов подвергнута частичной, частично-сплошной или сплошной зачистке или вырубке. Значительная часть слэбов была переназначена в другие марки стали.

Для выявления причин такого массового проявления сетчатых трещин на слэбах стали St 52 сотрудниками Череповецкого государственного университета и ООО «НПЦ ИНЖИНИРИНГ» проведен анализ дополнительно вырезанных темплетов из произвольно выбранной плавки № 244788 из слэба № 5/2, а также технологических параметров выплавки, внепечной обработки и разлива. Отобранные темплеты (рис. 1) подвергались механической обра-

ботке в темплетной лаборатории КП и подвергались визуальному осмотру при увеличении в 3 раза. На наружной поверхности темплета 1.2 было обнаружено несколько крупных трещин длиной по 8 – 15 мм. На темплете 1.3 на поверхности, образующей боковую грань слэба, зафиксирована одна трещина длиной 7 мм.

Затем темплеты дополнительно разрезались на 5 частей и травились в кислотном растворе. С каждого образца снимались серные отпечатки на фотобумаге. Цифровой фотокамерой сделаны фотоснимки структуры. В образцах измерялась твердость корочки и тела слэба. Измерение твердости проводилось в лаборатории кафедры металлургических технологий ЧГУ.

Визуальный анализ структуры и серных отпечатков, а также цифровых снимков на ЭВМ при значительном увеличении каких-либо внутренних дефектов металла не выявил. Зерновая структура на всех образцах одинаковая: на поверхности слэба проявляется мелкозернистая плотная корка толщиной 5 – 6 мм, что несколько меньше, чем на аналогичных слэбах других марок сталей, далее к оси слэба размер зерна увеличивается и остается практически одинаковым по всему сечению. На образцах четко видны межкристаллитные нитевидные мелкозернистые фазы, направленные от поверхности к оси слэба. Однако ни зернистость, ни наличие межкристаллитных нитевидных фаз, имеющих более светлый