

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно–строительный институт

(наименование института полностью)

Центр архитектурных, конструктивных решений и организации строительства

(наименование)

08.04.01 «Строительство»

(код и наименование направления подготовки)

Техническая эксплуатация и реконструкция зданий и сооружений

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Экспериментальная оценка влияния водного раствора карбамида на
прочность керамического кирпича

Студент

Ю.А. Нестеренко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

к.т.н., доцент, Д.С. Гошин

руководитель

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. Ознакомление с объектом исследования	8
1.1 Сведения о рассмотренных документах.....	8
1.2 Анализ технической документации	8
1.3 Краткая характеристика и назначение обследуемого объекта	9
Глава 2 Обследование комплекса зданий	14
2.1 Этапы проведения обследования	14
2.2 Программа предварительного визуального и детального инструментального обследования	14
2.2.1 Состав работ:	15
2.2.2 Порядок работ	17
2.2.3 Специальные мероприятия	17
2.2.4 Отчетная документация	17
2.3 Приборы и оборудование технического диагностирования	18
2.4 Результаты проведенного обследования.....	19
2.4.1 Здание корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» (Лит.А5) 19	
2.4.2 Здание вентиляционной шахты № 1 (Лит. А6).....	26
2.4.3 Здание камеры баков давления (Лит. А7).	28
2.4.4 Здание вентиляционной шахты № 2(Лит.А8)	31
2.5 Результаты контроля прочности конструкций	34
2.5.1 Результаты контроля прочности бетона.....	34
2.5.2 Результаты контроля твердости металла	38
2.5.3 Результаты контроля прочности кирпичной кладки.....	40
2.6 Расчет остаточного ресурса строительных конструкций.....	43
2.6.1 Здание корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» (Лит.А5) 44	
2.6.2 Здание вентиляционной шахты № 1 (Лит. А6).....	45
2.6.3 Здание камеры баков давления (Лит. А7)	46
2.6.4 Здание вентиляционной шахты № 2 (Лит.А8).....	47

2.6.5 Выводы по результатам проведённого расчёта	47
2.7 Расчет строительных конструкций	48
2.7.1 Расчет несущей способности плиты покрытия здания корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» (Лит. А5)	48
2.7.2 Расчет несущей способности плиты покрытия здания вентиляционной шахты №1 (Лит. А6) и здания вентиляционной шахты №2 (Лит. А8)	50
2.7.3 Расчет несущей способности плиты покрытия здания камеры баков давления (Лит. А7)	51
2.7.4 Выводы по результатам проведённого расчёта	51
2.8 Результаты проведенного обследования	52
3.1 Программа экспериментального исследования	55
3.2 Характеристика образцов	57
3.3 Технические характеристики гидравлического оборудования	58
3.4 Проведения экспериментального исследования	59
3.5 Обработка полученных результатов и их аналитическая оценка	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	70
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	71

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Пик нового капитального строительства объектов химической промышленности в России, а в частности по производству минеральных удобрений, пришелся на 60–е 70–е годы прошлого столетия.

В процессе эксплуатации происходит изменение несущей способности строительных конструкций связанное с изменением эксплуатационных свойств, вследствие различных повреждений.

При длительном воздействии постоянных и кратковременных нагрузок в конструкциях могут возникнуть необратимые повреждения: потеря устойчивости, трещины, коррозионные повреждения и прочие. Повреждения критического характера могут привести к обрушению конструкций.

В сложившихся экономических условиях России в настоящий момент, восстановление и сохранение долговечности производственных зданий является актуальным вопросом на сегодняшний день.

Объект исследования

Комплекс зданий корпуса 171 «Главная понизительная подстанция № 1» ОАО «ТОЛЬЯТТИАЗОТ».

Предмет исследования

Влияние водного раствора карбамида на прочность керамического кирпича.

Цель диссертационной работы

Цель работы – экспериментальная оценка воздействия водного раствора минерального удобрения «карбамид» на наружные кирпичные стены комплекса зданий ОАО «ТОЛЬЯТТИАЗОТ».

Гипотеза исследования состоит в том, что карбамид обладает способностью кристаллизоваться и механизм разрушения кирпичных образцов можно представить следующим образом: пыль карбамида или его растворы, попадая на поверхность, под влиянием температурно-влажностного режима окружающей среды проникают в поровое пространство кирпича и образуют кристаллы. С течением времени размер кристаллов увеличивается, что вызывает внутренние напряжения и разрушение структуры. Разрушение образцов под воздействием раствора карбамида должно начаться с верхних слоев 3–5 мм, затем после полного ослабления поверхностного слоя, начнется разрушение следующего слоя.

Для достижения поставленной цели были запланированы **задачи**:

1. Подготовка к визуальному обследованию строительных конструкций;
2. Проведение визуального обследования строительных конструкций;
3. Проведение инструментального обследования с проведением поверочных расчетов;
4. Разработка программы экспериментальных исследований;
5. Проведение испытания исходных образцов керамического кирпича для определения прочностных характеристик;
6. Проведение испытания образцов керамического кирпича, подверженных воздействию водных растворов карбамида для проверки показателей прочностных характеристик;
7. Сравнение полученных результатов.

Методы исследования

1. Проведение экспериментов для определения значений по прочности испытываемых образцов.

Научная новизна исследований

Новизна заключается в экспериментальном определении степени воздействия водного раствора минерального удобрения «карбамид» на ограждающие конструкции завода по производству минеральных удобрений.

Достоверность проведенных исследований

Полученные в данной диссертации результаты подтверждаются проведением стандартных разрушающих методов определения прочности кирпичных образцов.

Личный вклад автора в исследование

Было выполнено визуально–инструментальное обследование комплекса зданий «ТОЛЪЯТТИАЗОТ» с определением повреждённых участков и расчетом остаточного ресурса строительных конструкций.

На момент всего времени длительного эксперимента осуществлялся уход за кирпичными образцами, а именно: поддержание требуемой температуры и влажности воздуха в соответствии с определённым этапом. Визуальный осмотр с фотофиксацией наружных слоев кирпичных образцов проводился после завершения каждого этапа. Проведение испытаний на гидравлическом прессе 2х марок, для получения значений по прочности при сжатии и изгибе кирпичных образцов.

Апробация результатов исследования

Основные результаты диссертационного исследования были представлены в статье «Результаты обследования технического состояния кирпичных стен зданий предприятия химической промышленности для

обеспечения их безопасной эксплуатации» на Международной научно–практической конференции «Молодой исследователь: вызовы и перспективы» (г. Москва в 2019г.).

На защиту выносятся:

Экспериментально полученные значения по прочности керамического кирпича после влияния водного раствора карбамида.

Структура магистерской диссертации

Работа состоит из введения, 3–х глав, заключения, содержит 46 рисунков, 13 таблиц, список использованной литературы (43 источников). Основной текст работы изложен на 73 страницах.

Глава 1. Ознакомление с объектом исследования

1.1 Сведения о рассмотренных документах

Были изучены проектные, эксплуатационные и другая техническая документация приведенная ниже:

- Проект 135–10/1190–АР, раздел ПЗ;
- Паспорт комплекса зданий ГПП №1 Паспорт комплекса зданий ГПП №1;
- Инженерно – геологическое заключение: по грунтам отобранным на объекте расположенном на территории завода ЗАО Корпорация «ТОЛЬЯТТИАЗОТ» Комплекс зданий главной понизительной подстанции № 1 (Лит.А5–А8) корпус 171.

1.2 Анализ технической документации

В ходе проведенных работ была рассмотрена техническая, исполнительная и иная документация, отраженная в пункте 1.1. В результате анализа предоставленной документации выявлено, что документация имеется не в полном объеме. Отсутствуют:

- акты освидетельствования скрытых работ;
- акт приемки здания в эксплуатацию.

Согласно требованиям действующих норм, отсутствие данной документации не препятствует проведению технического обследования.

В результате изучения характеристики грунтов под подошвой фундаментов, установлены следующие причины деформации здания камеры баков давления (Лит. А7):

- различная глубина заложения фундаментов здания камеры баков давления и здания корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1»;

- наличие просадочных грунтов в основании фундаментов здания камеры баков давления;
- разуплотнение грунтов под фундаментами здания.

1.3 Краткая характеристика и назначение обследуемого объекта

Объект обследования расположен по адресу: РФ, Самарская обл., г. Тольятти, Поволжское ш., д. 32.

Нормативная глубина промерзания грунтов – 1,8 м. Расчётная температура наружного воздуха в холодный период – 30°С. Ветровой район III. Снеговой район IV.

Комплекс зданий корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» включает в себя следующие здания:

- здание корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» (Лит. А5) (ГПП№1);
- здание вентиляционной шахты № 1 (Лит. А6) (ВШ№1), здание вентиляционной шахты № 2 (Лит. А8) (ВШ№2), здание камеры баков давления (Лит. А7).

Все параметры зданий приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры обследуемых зданий

Параметр	ГПП№1	ВШ№1	ВШ№2	Здание камеры баков давления
Этажность	2	1	1	1
Размер в плане, м	18x66	3x3	3x3	3×10,9
Площадь застройки, м ²	1258,3	15,6	15,7	40,3
Строительный объем, м ³	15980,0	122,0	126,0	173
Отметка кровли, м	13,0	4,0	4,0	4,4
Конструктивная схема	каркасная	бескаркасная	бескаркасная	бескаркасная

Продолжение таблицы 1

Параметр	ГПП№1	ВШ№1	ВШ№2	Здание камеры баков давления
Категория по ПБ	В4	–	–	–
Степень огнестойкости	II	–	–	–
Уровень ответственности	повышенный	–	–	–
Год ввода в эксплуатацию	1978	1978	1978	1978

Конструктивная характеристика объектов.

Здание корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» (Лит.А5) решено каркасным из сборного железобетона с ограждающими конструкциями из кирпича.

Фундаменты под колонны монолитные железобетонные стаканного типа. По столбчатым фундаментам уложены фундаментные балки марки ФБ–1 по серии КЭ–01–23 выпуск 1. Фундаменты выполнены из бетона марки В15.

Колонны каркаса – сборные железобетонные прямоугольного сечения 400×400 мм. Сетка колонн 6×6 м. Колонны выполнены по серии ИИ 22–3 из бетона марки не менее В25. В осях «2–3» и «10–11» в свету колонн устроены вертикальные порталные связи, выполненные двутаврового сечения из прокатных уголков 110×9 мм.

Ригели перекрытия и покрытия выполнены сборными железобетонными по серии ИИ 23 – 1 из бетона марки не менее В25. Плиты перекрытия и покрытия – сборные железобетонные ребристые по серии ИИ 24 – 1 из бетона марки не менее В25. Плиты покрытия – сборные железобетонные ребристые по серии ИИ 24 –1 из бетона марки не менее В15.

Ограждающие конструкции толщиной 380 мм выполнены из керамического кирпича марки М75 на цементно – песчаном растворе марки М25. Внутренние стены и перегородки выполнены из керамического кирпича марки М75 на цементно – песчаном растворе марки М25, толщиной 120 – 380 мм.

Кровля – малоуклонная, совмещенная, рулонная, утепленная с неорганизованным водостоком.

Полы – бетонные.

Окна – деревянные с двойным остеклением.

Двери – деревянные и металлические.

Здание вентиляционной шахты № 1 (Лит. А6).

Здание выполнено бескаркасным с несущими поперечными и самонесущими продольными стенами. Подземная часть здания выполнена из монолитного железобетона.

Фундаменты – монолитный железобетон.

Ограждающие конструкции толщиной 250 мм выполнены из силикатного кирпича марки М75 на цементно–песчаном растворе марки М25.

Конструкции покрытия – сборные железобетонные ребристые плиты покрытия выполненные по серии ПК–01–111 из бетона марки не менее В25.

Кровля – малоуклонная, рулонная, совмещенная с неорганизованным водостоком.

Полы – бетонные, металлическая решетка.

Окна – жалюзийная решетка.

Двери – деревянные.

Здание камеры баков давления (Лит. А7).

Здание выполнено бескаркасным с несущими поперечными и продольными стенами.

Фундаменты – сборные железобетонные из фундаментных блоков и частично из керамического кирпича марки М75 на цементно – песчаном растворе М25.

Ограждающие конструкции толщиной 380 мм выполнены из силикатного кирпича марки М75 на цементно – песчаном растворе марки М25.

Стены здания усилены металлическими элементами: швеллер № 24, уголками 90×7, 140×10, металлическими тяжами диаметром 20–25 мм. Для обеспечения геометрической неизменяемости здания в поперечном направлении на отметке плюс 3.750 м, с шагом 1800 мм, установлены распорки двутаврового сечения, выполненные из двух швеллеров № 12.

Конструкции покрытия – сборные железобетонные многопустотные плиты покрытия выполненные по серии 1.141–1выпуск 1 из бетона марки не менее В15. Плиты покрытия опираются на поперечные стены и металлическую балку, установленную по оси «2». Балка выполнена коробчатого сечения из двух двутавров № 24

Кровля – малоуклонная, рулонная, совмещенная с неорганизованным водостоком.

Полы – бетонные.

Окна – жалюзийная решетка.

Двери – металлические.

Здание вентиляционной шахты № 2 (Лит.А8).

Здание выполнено бескаркасным с несущими поперечными и самонесущими продольными стенами. Подземная часть здания выполнена из монолитного железобетона.

Фундаменты – монолитный железобетон.

Ограждающие конструкции толщиной 250 мм выполнены из силикатного кирпича марки М75 на цементно – песчаном растворе марки М25.

Конструкции покрытия – сборные железобетонные ребристые плиты покрытия выполненные по серии ПК–01–111 из бетона марки не менее В25.

Кровля – малоуклонная, рулонная, совмещенная с неорганизованным водостоком.

Полы – бетонные, металлическая решетка.

Окна – жалюзийная решетка. Двери – деревянные.

Вывод по первой главе

Во время подготовки выполнено ознакомление с объектом обследования, его объемно–планировочными и конструктивными решениями. Срок эксплуатации комплекса зданий корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» составляет 41 год. Ограждающие конструкции здания корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» выполнены из керамического кирпича, ограждающие конструкции здания вентиляционной шахты № 1 (Лит. А6) (ВШ№1), здания вентиляционной шахты № 2 (Лит. А8) (ВШ№2), здания камеры баков давления (Лит. А7) выполнены из силикатного кирпича. Конструктивная схема зданий различная. Для обеспечения длительной эксплуатации необходимо провести обследование, а так же выполнить исследование по влиянию эксплуатационной среды.

Глава 2 Обследование комплекса зданий

2.1 Этапы проведения обследования

Обследование строительных конструкций комплекса зданий (Лит.А5–А8) корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» проводилось в три этапа:

- изучение предоставленной проектной, эксплуатационной и другой технической документации описано в главе 1 – подготовительный этап;
- предварительное визуальное обследование;
- детальное инструментальное обследование (освидетельствование) объектов с выполнением поверочных расчётов конструкций.

2.2 Программа предварительного визуального и детального инструментального обследования

Программа разработана согласно следующих нормативных документов:

- ГОСТ 31937–2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния (от 27.12.2012 N 31937–2011);
- РД 22–01.97. Требования к проведению оценки безопасности эксплуатации производственных зданий и сооружений поднадзорных промышленных производств и объектов (обследования строительных конструкций специализированными организациями);
- Пособие. Организация и проведение обследования технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений. Под редакцией Морозова А.С. и др., М, 2001г.

2.2.1 Состав работ:

- Сбор и предоставление проектно – технической, исполнительной и эксплуатационной документации.
- Анализ переданной проектно – технической, исполнительной и эксплуатационной документации.
- Освидетельствование состояния строительных конструкций фундаментов. Определение фактических физико – механических характеристик грунтов путем отбора проб и проведения лабораторных исследований.
- Освидетельствование состояния строительных конструкций здания, составление ведомости дефектов и повреждений, фотофиксация дефектов. Визуальный контроль с применением инструментов неразрушающего контроля: лупа масштабная (5х), фотоаппарат цифровой, бинокль и т.д.
- Измерительный контроль с применением приборов неразрушающего контроля: лазерный дальномер, рулетка, штангенциркуль, нивелир, теодолит (при необходимости) и др. Анализ соответствия натуральных геометрических параметров строительных конструкций данным проекта.

При обследовании конструкций, независимо от их материала, проводят следующие обмерные работы:

- а) уточняют разбивочные оси здания, его горизонтальные и вертикальные размеры;
- б) проверяют пролеты и шаг несущих конструкций;
- в) замеряют основные геометрические параметры несущих конструкций;
- г) определяют фактические размеры расчетных сечений конструкций и их элементов и проверяют их соответствие проекту;
- д) определяют формы и размеры узлов стыковых сопряжений элементов и их опорных частей, проверяют их соответствие проекту;

е) проверяют вертикальность и соосность опорных конструкций, наличие и местоположение стыков, мест изменения сечений;

ж) замеряют прогибы, изгибы, отклонения от вертикали, наклоны, выпучивания, перекосы, смещения и сдвиги.

– Техническое диагностирование строительных конструкций с использованием приборов неразрушающего и разрушающего контроля (при необходимости). Анализ соответствия материалов, применённых в строительных конструкциях, проектным данным;

До определения прочности бетона необходимо обследовать поверхность конструкций и их элементов в расчетных сечениях с целью выявления возможного наличия зон с различающейся прочностью бетона экспертным методом (ультразвуковым поверхностным прозвучиванием).

В бетонных и железобетонных конструкциях прочность бетона определяют механическими методами неразрушающего контроля. Число участков при определении прочности бетона следует принимать не менее:

а) 3 – при определении прочности зоны или средней прочности бетона конструкции;

б) 6 – при определении средней прочности и коэффициента изменчивости бетона конструкции;

в) 9 – при определении прочности бетона в группе однотипных конструкций.

Число однотипных конструкций, в которых оценивается прочность бетона, определяется программой обследования и принимается не менее трех.

Для определения фактической прочности арматуры из конструкции, где это возможно без ее ослабления, вырезают образцы и испытывают (при необходимости).

– Составление проекта заключения. Предоставление схемы и «ведомости дефектов и повреждений» с фиксацией мест и характера.

Разработка рекомендаций для приведения всех строительных конструкций в работоспособное состояние;

- Установление аварийных участков;
- Выполнение поверочных расчётов (при необходимости) строительных конструкций с учётом их действительного состояния и фактических нагрузок;

2.2.2 Порядок работ

Порядок работ по объекту, обеспечение доступа к конструкциям, предоставление точки подключения к энергосетям, согласование времени производится в соответствии с приказом по предприятию Заказчика с назначением ответственных лиц.

2.2.3 Специальные мероприятия

В случае обнаружения аварийных мест необходимо направить письменное уведомление руководителю предприятия, в чьём ведении находится объект.

Выполнить усиления конструкций с предварительным разгрузением конструкции с целью исключения потери несущей способности, устойчивости элементов конструкций выполняются силами Заказчика.

2.2.4 Отчетная документация

Заключение по результатам проведенного обследования предоставляется Заказчику на бумажном и электронном носителях. Заключение включает в себя:

- материалы, обосновывающие принятую категорию технического состояния;
- обоснование наиболее вероятных причин появления дефектов и повреждений;
- фотоматериалы.

2.3 Приборы и оборудование технического диагностирования

В процессе проведения обследования были использованы оборудование и приборы, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Приборы и оборудование технического диагностирования

Наименование прибора	Заводской номер	Поверка действительна до	Номер поверочного документа, сертификата	Назначение прибора, средства измерения, программы
2	3	4	5	6
LeicaDistoX310	841870620	21.08.2021	054966	Измерение высоты и длины в недоступных местах
Теодолит электронный DT202C	2 1 6 4 0 2	02.02.2021	066267	Измерение вертикальных и горизонтальных углов
Измеритель прочности бетона электронный ИПС–МГ4.03	10452	09.09.2021	11109	Определение прочности бетона
Измеритель защитного слоя бетона ИПА–МГ4.01	10452	19.08.2021	9681	Определение защитного слоя бетона, диаметра арматуры.
Комплект ВИК	б/н	27.01.2021	б/н	Визуальный и измерительный контроль
Ультразвуковой толщиномер «Булат 2»	2093032	27.01.2021	0306С	Определение толщины металла
Твердомер «ТМК–359С»	13015	27.01.2016	0303С	Определение прочности металла

Приборы технической диагностики, оборудование и средства измерения были проверены и сертифицированы.

2.4 Результаты проведенного обследования

В Результате обследования строительных конструкций комплекса зданий корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» выявлены следующие повреждения:

2.4.1 Здание корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» (Лит.А5)

Общий вид здания представлен на рисунке 1, планы этажей на рисунке 2.



Рисунок 1 – Общий вид здания корпуса 171 «ГПП–1»

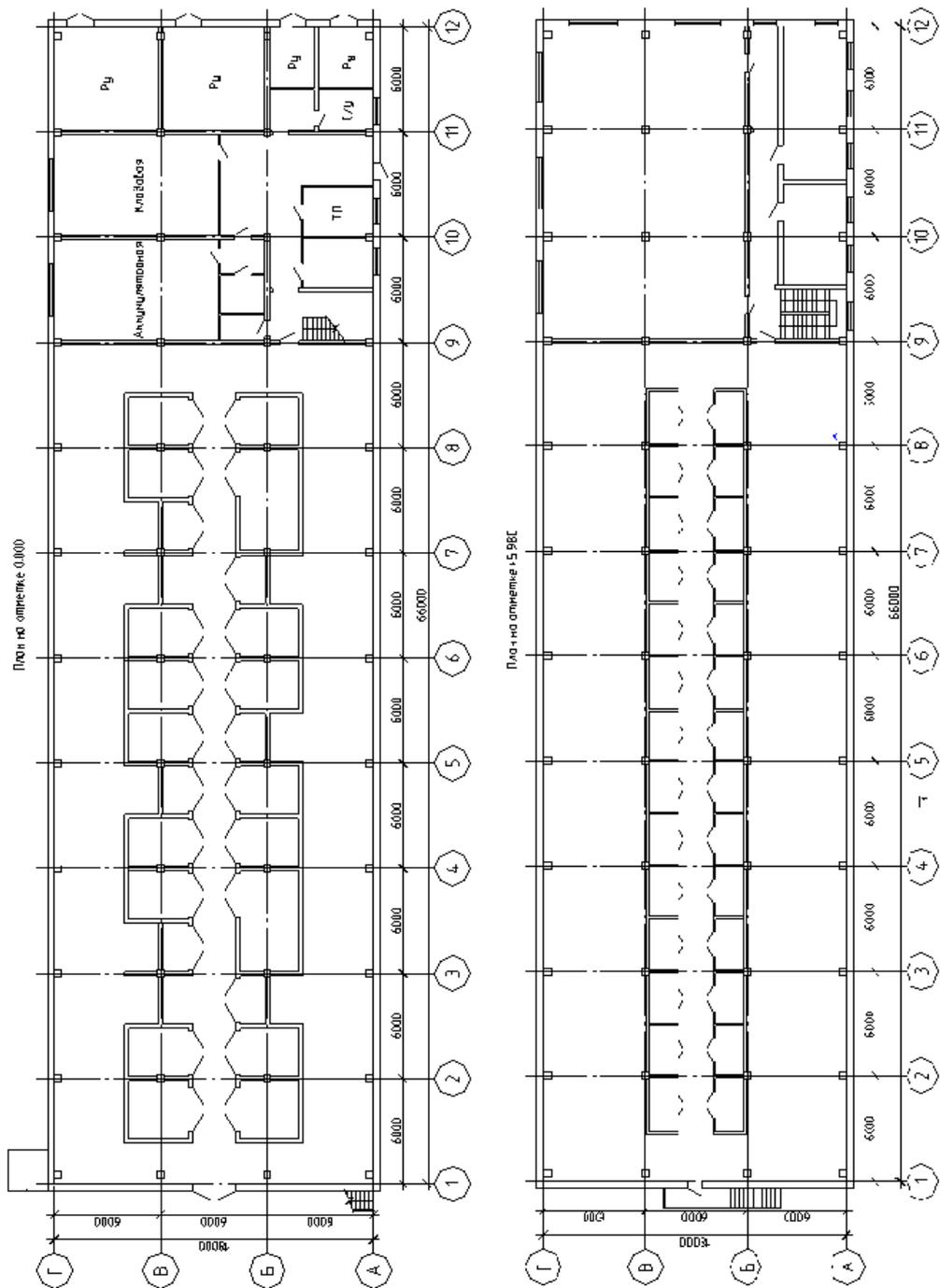


Рисунок 2 – Планы этажей здания корпуса 171 «ГПП-1»

Деструкция глубиной до 30 мм в цокольной части кирпичной стены (рисунок 3) в осях «Г/1-2», «Г/4-5».



Рисунок 3 – Деструкция кирпичной кладки: а) цокольная часть кирпичной стены в осях «Г/1–2»; б) цокольная часть кирпичной стены в осях «Г/4–5»

Деструкция глубиной до 30 мм на отметке +6.600 м кирпичной стены (рисунок 4).

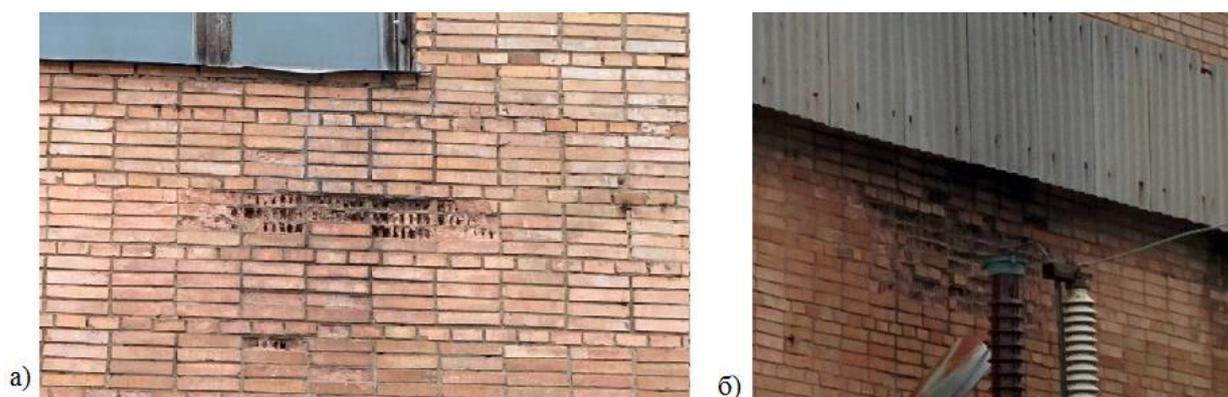


Рисунок 4 – Деструкция кирпичной кладки: а) кирпичная стена на отметке +6.600 м в осях «Г/9–10»; б) кирпичная стена на отметке +6.600 м в осях «Г/7–8»

Техническое состояние кирпичное кладки оценивается как работоспособное.

Обнаружено отсутствие оконных сливов (рисунок 5) на отметке плюс 7.200 м кирпичной стены в осях «А/11». Техническое состояние – ограниченно работоспособное.



Рисунок 5 – Окна кирпичной стены на отметке +7.200 м в осях «А/11»

Растрескивание отмостки локальными участками (рисунок 6) по всему периметру здания. Техническое состояние определено как ограниченно – работоспособное.



Рисунок 6 – Растрескивание отмостки локальными участками

Внутри здания обнаружены наклонные и вертикальные трещины шириной раскрытия до 2 мм в кирпичной кладке перегородок (рисунок 7) первого и второго этажей. Техническое состояние перегородок определено как ограниченно работоспособное.

Обнаружены так же следы протечек на стеновых конструкциях на отметке +11.300 м в осях «Г/8», «Г/1–3» (рисунок 6). Техническое состояние – работоспособное.



Рисунок 7 – Трещины в кирпичной кладке перегородок: а) наклонная трещина в перегородке на первом этаже в осях «Б–В/10–11»; б) наклонная трещина в перегородке на первом этаже в осях «А–Б/10–11»; в) вертикальная трещина в перегородке второго этажа в осях «А–Б/10–11»; г) наклонная трещина в перегородке второго этажа в осях «Б/10–11»



Рисунок 8 – Следы протечек стеновых конструкций: а) на отметке +11.300 м в осях «Г/8»; б) на отметке +11.300 м в осях «Г/1–3»

Разрушение лакокрасочного покрытия до 20% от общей поверхности стен здания локальными участками по всему периметру здания (рисунок 9).
Техническое состояние – работоспособное.



Рисунок 9 – Разрушение лакокрасочного покрытия

В кирпичной кладке стены первого этажа в осях «Г/12» обнаружена вертикальная трещина шириной раскрытия до 10 мм (рисунок 10).
Техническое состояние – ограниченно работоспособное.

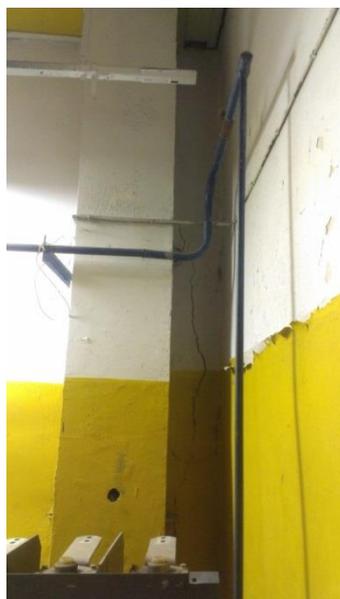


Рисунок 10 – Вертикальная трещина

Трещины с шириной раскрытия до 5 мм в покрытии пола первого и вторых этажей (рисунок 11). Техническое состояние – ограниченно работоспособное.



Рисунок 11 – Трещины в покрытии пола: а) первого этажа в осях «Б–В/5–6»; б) первого этажа в осях «А–Б/11–12»; в) второго этажа в осях «В–Г/1–2»

В кирпичной кладке стен (рисунок 12) первого и второго этажей обнаружены наклонные и вертикальные трещины. Техническое состояние – ограниченно – работоспособное.



а)



б)

Рисунок 12 – Трещины в кирпичной кладке стен: а) наклонная трещина шириной раскрытия до 10 мм второго этажа в осях «В–Г/1»; б) вертикальная трещина шириной раскрытия до 20 мм в кирпичной кладке стены первого этажа в осях «А–Г/11–12»

2.4.2 Здание вентиляционной шахты № 1 (Лит. А6).

Общий вид здания вентиляционной шахты № 1 представлен на рисунке 13, план здания на рисунке 14.



Рисунок 13 – Общий вид здания вентиляционной шахты № 1

План на отметке 0.000

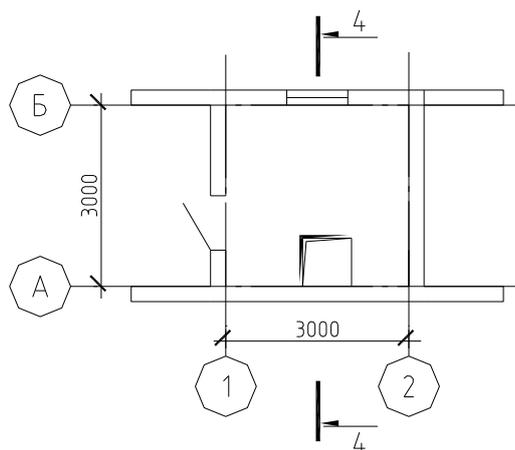


Рисунок 14 – План здания вентиляционной шахты № 1

Растрескивание, зарастание, местные проседания отмостки по всему периметру здания (рисунок 15). Техническое состояние – ограниченно работоспособное.



Рисунок 15 – Повреждения отмостки

Растрескивание гидроизоляционного слоя кровли по всей кровле здания (рисунок 16). Техническое состояние – ограниченно работоспособное.



Рисунок 16 – Повреждения кровли

2.4.3 Здание камеры баков давления (Лит. А7).

Общий вид здания камеры баков давления представлен на рисунке 17, план здания на рисунке 18.



Рисунок 17 – Общий вид здания камеры баков давления

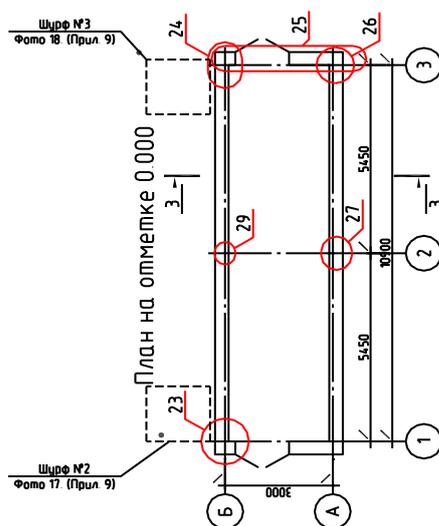


Рисунок 18 – План здания камеры баков давления

Вертикальные и наклонные трещины шириной раскрытия от 2 до 20 мм в кирпичной кладке стены (рисунок 19). Техническое состояние – ограниченно работоспособное [5].



Рисунок 19 – Трещины в кирпичной кладке стен: а) в осях «Б/1»; б) в осях «Б/3»; в) в осях «А-Б/3»; г) в осях «А/3»; д) в осях «А/2»

Разрушение кирпичной кладки стены парапета в осях «А–Б/3» (рисунок 20). Техническое состояние – ограниченно работоспособное [5].



Рисунок 20 – Разрушение кирпичной кладки стены парапета

Растрескивание, зарастание, местные проседания отмостки по всему периметру здания (рисунок 21). Техническое состояние – ограниченно работоспособное [5].



Рисунок 21 – Повреждения отмостки

Растрескивание гидроизоляционного слоя кровли по всей поверхности кровли здания, нарушение герметичности в месте примыкания к парапету по

оси «3» (рисунок 22). Техническое состояние – ограниченно работоспособное [5].



Рисунок 22 – Повреждения гидроизоляционного кровельного материала

2.4.4 Здание вентиляционной шахты № 2(Лит.А8)

Общий вид здания вентиляционной шахты № 1 представлен на рисунке 23, план здания на рисунке 24.



Рисунок 23 – Общий вид здания вентиляционной шахты № 2

План на отметке 0.000

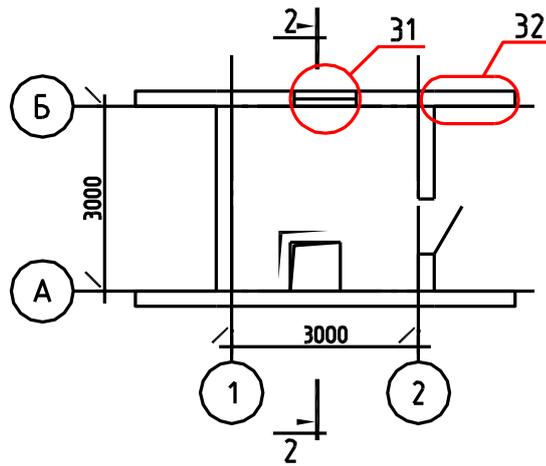


Рисунок 24 – План здания вентиляционной шахты № 2

Отсутствие части парапетного слива в осях «Б/2» (рисунок 25).
Техническое состояние – ограниченно работоспособное.



Рисунок 25 – Повреждения парапета

Деструкция на глубину до 40 мм кирпичной кладки наружной стены на отметке +3.600 м по оси «А» (рисунок 26). Техническое состояние – ограниченно работоспособное.



Рисунок 26 – Деструкция кирпичной кладки

Растрескивание, местные проседания отмостки по всему периметру здания (рисунок 27). Техническое состояние – ограниченно работоспособное.



Рисунок 27 – Повреждения отмостки

Растрескивание гидроизоляционного слоя кровли по всей поверхности кровли здания (рисунок 28). Техническое состояние – ограниченно работоспособное.



Рисунок 28 – Повреждения кровли

Других видимых дефектов и повреждений в несущих и ограждающих строительных конструкциях объекта не выявлено.

Видимых нарушений правил безопасной эксплуатации в строительных конструкциях комплекса зданий корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» не обнаружено.

2.5 Результаты контроля прочности конструкций

В ходе работы было проведено инструментальное обследование прочности материалов.

2.5.1 Результаты контроля прочности бетона

В результате проверки прочности бетона выявлено, что прочность бетона обследуемых конструкций комплекса зданий корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» соответствует проектным значениям (Таблица 3).

Методика определения прочности бетона и принятые условные обозначения соответствуют ГОСТ Р 18105–2010 и ГОСТ 22690–88.

Прочность бетона в строительных конструкциях определялась методом ударного импульса с помощью прибора «ИПС–МГ4.03» (рисунок 29).



Рисунок 29 – Измеритель прочности ИПС–МГ4.03

Метод ударного импульса заключается в регистрации энергии удара, возникающей в момент соударения бойка с поверхностью бетона. Прибор имеет одну усредненную градуированную зависимость по тяжелым бетонам. Прибор обладает возможностью ввода девяти индивидуальных градуированных зависимостей; усовершенствованный механизм склерометра; долговременно сохраняющий неизменность характеристик силовой пружины; возможность выбора направления удара бойка, в том числе и под 45 градусов; погрешность измерений – не более 10%; возможность маркировки измерения типом изделия (балка, колонна, ригель, плита, наружная стена, внутренняя стена, свая, ферма, стяжка, фонд.блок, полы, изделие); выбор коэффициента вариации для расчета класса бетона; выбор коэффициента соответствия. Результаты измерений представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты измерения прочности бетона

№ п/п	Место испытания	Значения прочности на участках R_i , МПа	Среднее значение прочности R_m , МПа	Среднее квадратичное отклонение S , МПа	Доверит.интервал $\Delta=t \times S$, МПа	Марка, класс бетона, по проекту
1	2	3	4	5	6	7
Здание корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» (Лит.А5)						
1	Колонны	31.0	30.7	0.14	0.35	M300 B22,5
		30.8				
		29.9				
		30.5				
		30.7				
		30.8				
		29.9				
		3				7
		30.5				
		31.0				
		30.9				
		30.8				M300
		30.5				B22,5
		30.7				
		30.9				
		30.8				M300 B22,5
		31.0				
		30.9				
		30.7				
		31.0				

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
		30.6				M200 B15
		30.4				
		21.5				
		21.3				
		21.4				
		21.2				
		21.1				
		21.3				
		21.1				
Здание вентиляционной шахты № 1 (Лит. А6)						
5	Плиты покрытия	31.0	30.8	0.07	0.18	M300 B22,5
		30.9				
		3				
		30.8				
		30.6				
		30.9				
		31.0				
		30.5				
Здание камеры баков давления (Лит. А7)						
6	Плиты покрытия	21.4	21.3	0.07	0.17	M200 B15
		21.6				
		21.1				
		21.2				
		21.2				
		21.1				

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
		21.3				
Здание вентиляционной шахты № 2 (Лит.А8)						
7	Плиты покрытия	31.0	30.8	0.06	0.16	М300 В22,5
		30.8				
		30.7				
		30.8				
		30.6				

Примечание: $t=2,447$ – коэффициент Стьюдента при вероятности $P=0,95$ по ГОСТ Р 8.736–2011

Вывод: прочность бетона в конструкциях колонн, ригелей перекрытия и плит покрытия обеспечена, так как заявленный класс бетона по проекту В22,5, что соответствует прочности 28,9 Мпа. Прочность плит покрытия так же соответствует проектным данным. Прочность бетона превышает проектные данные, класс В15 прочность равна 19,26 Мпа.

2.5.2 Результаты контроля твердости металла

Толщину металла в стальных конструкциях комплекса зданий корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1»(Лит. А5, А7) измерялась с помощью толщиномера «Булат 2» (рисунок 30).



Рисунок 30 – Толщиномер «Булат 2»

В толщиномере «Булат 2» используется контактный способ обеспечения акустического контакта прижимом контактной поверхности преобразователя к поверхности контролируемого изделия без сканирования или со сканированием в режиме поиска минимума.

Прочность металла измерялась с помощью Твердомер «ТМК–359С». Результаты измерений внесены в таблицу 4.

Для металлических конструкций зданий применяется сталь марки С235 (ВСтЗКП2). Вертикальные порталные связи выполнены из прокатных уголков 110×9 мм по ГОСТ 8509–57. Стены здания усилены металлическими элементами из швеллера № 24 по ГОСТ 8240–57, уголков 90×7, 140×10 по ГОСТ 8509–57. Так же применяются распорки двутаврового сечения, выполненные из двух швеллеров № 12 по ГОСТ 8239–56.

Таблица 4 – Результаты измерения твердости металла в стальных конструкциях

№ п/п	Место испытания	Значения твердости стали НВ на участках	Значения прочности стали на участках, $\sigma_{\text{в}}=0,36^* \text{ НВ}$, Н/мм ²	Среднее значение прочности $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ²	Среднее квадратическ. отклонение S, Н/мм ²	Доверит. интервал $\Delta=t^* S$, Н/мм ²
1	2	3	4	5	6	7
Здание корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» (Лит.А5)						
1	Металлические связи	113	40.68	41.25	0.15	0.38
		114	41.04			
		115	41.4			
		116	41.76			
		114	41.04			
		114	41.04			

Продолжение таблицы 4

		116	41.76			
Здание камеры баков давления (Лит. А7)						
2	Металлоконструкции распорок	117	42.12	42.63	0.22	0.54
		119	42.84			
		118	42.48			
		117	42.12			
		120	43.20			
		117	42.12			
		121	43.56			

Примечание: $K=2,447$ – коэффициент Стьюдента при вероятности $P=0,95$ по ГОСТ Р 8.736–2011

Вывод: В результате проверки прочности металла выявлено, что прочность обследуемых конструкций превышает проектное значение равное $\sigma_b=360$ (37) МПа (кгс/мм²).

2.5.3 Результаты контроля прочности кирпичной кладки

Прочность кирпичной кладки определялась методом ударного импульса с помощью прибора «ИПС–МГ4.03» (рисунок 30).

Ограждающие конструкции зданий выполнены из силикатного кирпича марки М75 на цементно–песчаном растворе марки М25.

Результаты проверки прочности кирпичной кладки внесены в таблицу 5.

При проверке учитывались следующие характеристики:

- Место испытания;
- Значения по прочности кирпича;
- Значения по прочности раствора;
- Расчетное сопротивление.

Таблица 5 – Результаты определения прочности кирпичной кладки

№ п/п	Место испытания	Значения прочности кирпича на участках $R_i(k)$, МПа	Среднее значение прочности кирпича $R_m(k)$, МПа	Среднее квадратичное отклонение S , МПа	Доверительный интервал $\Delta=txS$, МПа	Значения прочности раствора на участках $R_i(p)$, МПа	Среднее значение прочности $R_m(p)$, МПа	Среднее квадратическое отклонение S , МПа	Доверительный интервал $\Delta=txS$, МПа	Расчетное сопротивление кладки сжатию R не менее, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Здание корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» (Лит.А5)										
1	в осях «А-Г/1-6»	7.45	7.5	0.01	0.01	2.49	2.5	0.01	0.02	1.1
		7.47				2.51				
		7.43				2.54				
		7.46				2.48				
		7.45				2.53				
		3				7				
		7.44				2.51				
		7.46				2.52				
		7.44				2.53				
		7.43				2.49				
		7.43				2.54				
		7.48				2.56				
		7.45				2.55				
		7.46				2.47				
		7.47				2.56				

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	Внутренние кирпичные стены и перегородки	7.45	7.5	0.01	0.01	2.51	2.5	0.01	0.02	1.1
		7.46				2.54				
		7.47				2.55				
		7.43				2.49				
		7.45				2.48				
		7.46				2.51				
		7.47				2.52				
Здание вентиляционной шахты № 1 (Лит. А6)										
4	Кирпичн ые стены	7.47	7.5	0.01	0.02	2.53	2.5	0.01	0.02	1.1
		7.48				2.54				
		7.43				2.53				
		7.45				2.52				
		7.48				2.51				
		7.44				2.49				
		7.42				2.48				
Здание камеры баков давления (Лит. А7)										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	Кирпичн ые стены	7.55	7.6	0.01	0.03	2.58	2.6	0.01	0.01	1.1
		7.54				2.54				
		7.52				2.56				
		7.53				2.55				
		7.61				2.54				
		7.58				2.57				
		7.59				2.56				
Здание вентиляционной шахты № 2 (Лит. А8)										

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	Кирпичные стены	7.53	7.6	0.01	0.03	2.53	2.6	0.01	0.02	1.1
		7.58				2.55				
		7.57				2.57				
		7.56				2.55				
		7.54				2.56				
		7.61				2.57				
		7.62				2.58				

Примечание:

1. $K=2,447$ – коэффициент Стьюдента при вероятности $P=0,95$ по ГОСТ Р 8.736–2011.
2. Соппротивление кирпичной кладки определяется по таблице 2 СП 15.13330.2012 "Каменные и армокаменные конструкции". Актуализированная редакция СНиП II–22–81*.

Вывод: прочность кирпича в кладке соответствует заявленной в проекте марки М75, что соответствует прочности при сжатии 7,5(75) Мпа(кгс/см²). Прочность раствора кирпичной кладке соответствует проектной марки М25, что соответствует прочности при сжатии 2,5(25) Мпа(кгс/см²).

2.6 Расчет остаточного ресурса строительных конструкций

Фактический срок возведения строительных конструкций комплекса зданий корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» составляет 37 лет (с 1978г.).

При обследовании обнаружены дефекты и повреждения категории «Б» (дефекты и повреждения, не грозящие в момент осмотра опасностью разрушения конструкций, но могущие в дальнейшем вызвать повреждения других элементов и узлов или при развитии повреждения перейти в категорию «А»). В соответствии с «Рекомендациями по оценке надежности

строительных конструкций зданий по внешним признакам» [7] и с учетом выявленных дефектов и повреждений была произведена оценка технического состояния строительных конструкций.

2.6.1 Здание корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» (Лит.А5)

Поврежденность (ε) строительных конструкций: фундамент – 0,01; колонны каркаса – 0,01; плиты покрытия и перекрытия – 0,01; балки покрытия и перекрытия – 0,01; стеновые конструкции – 0,07. (таблица 5).

В соответствии с этим были рассчитаны параметры общей поврежденности по формуле 1(п. 2.5), относительной надежности здания по формуле 2(п.2.5), постоянный износ по формуле 3 (п.2.7):

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \alpha_3 \varepsilon_3}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3} = \frac{3 \cdot 0,01 + 8 \cdot 0,01 + 2 \cdot 0,01 + 4 \cdot 0,01 + 2 \cdot 0,07}{3 + 8 + 2 + 4 + 2} = 0,0163 \quad (1)$$

где α_i – коэффициенты значимости отдельных видов конструкций (п.2.5. [7]).

$$y = 1 - \varepsilon = 1 - 0,0163 = 0,984 \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{-\ln y}{t\varphi} = \frac{-\ln 0,984}{37} = 0,00044 \quad (3)$$

Срок эксплуатации конструкции до капитального ремонта определяется по формуле 4(п.2.8. [7]):

$$t = \frac{0,16}{\lambda} = \frac{0,16}{0,00044} = 363 \text{ года.} \quad (4)$$

Что больше срока эксплуатации.

По данной методике прогнозируемый срок эксплуатации (срок эксплуатации конструкции до наступления аварийного состояния) определяется по формуле 5(п.2.9. [7]) и составляет:

$$t = \frac{0,22}{\lambda} = \frac{0,22}{0,00044} = 200 \text{ лет.} \quad (5)$$

Прогнозируемый срок – период эксплуатации = 200 – 37 = 163 года.

2.6.2 Здание вентиляционной шахты № 1 (Лит. А6)

Поврежденность строительных конструкций: фундамент – 0,01; плиты покрытия – 0,05; стеновые конструкции – 0,09. (таблица 5).

В соответствии с этим были рассчитаны параметры по формулам 1–5:

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \alpha_3 \varepsilon_3}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3} = \frac{3 \cdot 0,01 + 2 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,09}{3 + 2 + 3} = 0,05$$

$$y = 1 - \varepsilon = 1 - 0,05 = 0,95$$

$$\lambda = \frac{-\ln y}{t\varphi} = \frac{-\ln 0,95}{37} = 0,0013$$

Срок эксплуатации конструкции до капитального ремонта составляет:

$$t = \frac{0,16}{\lambda} = \frac{0,16}{0,0013} = 123 \text{ года.}$$

Что больше срока эксплуатации.

По данной методике прогнозируемый срок эксплуатации (срок эксплуатации конструкции до наступления аварийного состояния) составляет:

$$t = \frac{0,22}{\lambda} = \frac{0,22}{0,0013} = 169 \text{ лет}$$

Прогнозируемый срок – период эксплуатации = 169 – 37 = 132 года.

2.6.3 Здание камеры баков давления (Лит. А7)

Поврежденность строительных конструкций: фундамент – 0,03; плиты покрытия – 0,11; стеновые конструкции – 0,25. (таблица 5).

В соответствии с этим были рассчитаны параметры по формулам 1–5:

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \alpha_3 \varepsilon_3}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3} = \frac{3 \cdot 0,03 + 2 \cdot 0,11 + 3 \cdot 0,25}{3 + 2 + 3} = 0,1325,$$

$$y = 1 - \varepsilon = 1 - 0,1325 = 0,8675$$

$$\lambda = \frac{-\ln y}{t\varphi} = \frac{-\ln 0,8675}{37} = 0,14$$

Срок эксплуатации конструкции до капитального ремонта составляет:

$$t = \frac{0,16}{\lambda} = \frac{0,16}{0,14} = 1 \text{ год.}$$

Что равно сроку эксплуатации.

По данной методике прогнозируемый срок эксплуатации (срок эксплуатации конструкции до наступления аварийного состояния) составляет:

$$t = \frac{0,22}{\lambda} = \frac{0,22}{0,14} = 1 \text{ год}$$

Прогнозируемый срок эксплуатации = 1 год.

2.6.4 Здание вентиляционной шахты № 2 (Лит.А8).

Поврежденность строительных конструкций: фундамент – 0,01; плиты покрытия – 0,05; стеновые конструкции – 0,09. (таблица 5).

В соответствии с этим были рассчитаны параметры по формулам 1–5:

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \alpha_3 \varepsilon_3}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3} = \frac{3 \cdot 0,01 + 2 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,09}{3 + 2 + 3} = 0,05$$

$$y = 1 - \varepsilon = 1 - 0,05 = 0,95$$

$$\lambda = \frac{-\ln y}{t\varphi} = \frac{-\ln 0,95}{37} = 0,0013$$

Срок эксплуатации конструкции до капитального ремонта составляет:

$$t = \frac{0,16}{\lambda} = \frac{0,16}{0,0013} = 123 \text{ года}$$

Что больше срока эксплуатации.

По данной методике прогнозируемый срок эксплуатации (срок эксплуатации конструкции до наступления аварийного состояния) составляет:

$$t = \frac{0,22}{\lambda} = \frac{0,22}{0,0013} = 169 \text{ лет.}$$

Прогнозируемый срок – период эксплуатации = 169 – 37 = 132 года.

2.6.5 Выводы по результатам проведённого расчёта

Остаточный ресурс, строительных конструкций, при выполнении рекомендаций и мероприятий по обеспечению нормативного уровня

технического состояния строительных конструкций и безопасной эксплуатации объекта, при отсутствии аварийных ситуаций и инцидентов, а также соблюдении срока очередного обследования и последующих очередных обследований равен: здание корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» (Лит. А5) – 163 года, здания вентиляционных шахт №1 и №2 (Лит. А6 и Лит. А8) – 132 года, здание камеры баков давления (Лит. А7) – 1 год.

2.7 Расчет строительных конструкций

В расчётах учтены фактическое конструктивное решение здания, фактические геометрические характеристики элементов здания, фактическое техническое состояние несущих и ограждающих конструкций, а также фактические характеристики применённых материалов и изделий на основании данных, полученных в ходе проведённого натурного обследования.

2.7.1 Расчет несущей способности плиты покрытия здания корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» (Лит.А5)

Плиты покрытия сборные ребристые железобетонные марки П1–3 выполнены по серии ИИ24–1.

Нагрузки на один квадратный метр покрытия собраны в таблице 6.

Таблица 6 – Нагрузки на один квадратный метр покрытия

№ п/п	Наименование нагрузок	Нормативная нагрузка, кгс/м ²	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	Расчетная нагрузка, кгс/м ²
1. Постоянные нагрузки				
1	5 слоев рубероида на битумной мастике	15	1,3	19,5
2	Цементно–песчаная стяжка $\delta = 20$ мм	36	1,3	46,8

Продолжение таблицы 6

№ п/п	Наименование нагрузок	Нормативная нагрузка, кгс/м ²	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	Расчетная нагрузка, кгс/м ²
3	Керамзит $\rho = 700 \text{ кг/м}^3 \delta = 50\text{--}300 \text{ мм}$	122,5	1,3	159,25
4	Пароизоляция– 1 слой пергамина	1	1,3	1,3
Итого: g =				226,85
2. Временные нагрузки				
1	Снеговая нагрузка	168	1,4	235,2
Итого: g =				462,05

Согласно СП 20.13330.2011 [5] нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия следует определять по формуле 6:

$$S_0 = 0,7 \cdot c_e \cdot c_1 \cdot \mu \cdot S_g, \quad (6)$$

где: $c_e = 1$ – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий;
 $c_1 = 1$ – термический коэффициент;
 $\mu = 1$ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие;
 $S_g = 240 \text{ кг/м}^2$ – вес снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли.

$$S_0 = 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 240 = 168 \text{ кг/м}^2.$$

Ребристая железобетонная плита марки П1–3 по серии ИИ 24–1 рассчитана на нормативную нагрузку 1870 кгс/м^2 , что больше нагрузки, действующей на плиту, следовательно, условие прочности выполняется.

2.7.2 Расчет несущей способности плиты покрытия здания вентиляционной шахты №1 (Лит. А6) и здания вентиляционной шахты №2 (Лит. А8)

Плиты покрытия сборные ребристые железобетонные марки ПНС–18/1,5×6 выполнены по серии ПК–01–111.

Остальные характеристики представлено в главе 1.

Таблица 7 – Нагрузки на один квадратный метр покрытия

№ п/п	Наименование нагрузок	Нормативная нагрузка, кгс/м ²	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	Расчетная нагрузка, кгс/м ²
1. Постоянные нагрузки				
1	4 слоя рубероида на битумной мастике	12	1,3	15,6
2	Цементно–песчаная стяжка $\delta = 20$ мм	36	1,3	46,8
3	Керамзит $\rho = 700$ кг/м ³ $\delta = 80–120$ мм	70	1,3	91
4	Пароизоляция – обмазка битумом за 2 раза	1	1,3	1,3
Итого: $g =$				154,7
2. Временные нагрузки				
1	Снеговая нагрузка	168	1,4	235,2
Итого: $g =$				389,9

Ребристая железобетонная плита марки ПНС–18/1,5х6 по серии ПК–01–111 рассчитана на нормативную нагрузку 930 кгс/м², что больше нагрузки, действующей на плиту, следовательно, условие прочности выполняется.

2.7.3 Расчет несущей способности плиты покрытия здания камеры баков давления (Лит. А7)

Плиты покрытия сборные многопустотные железобетонные марки ПК 60.15 выполнены по серии 1.141–1 выпуск 1. Необходимо первоначально определить нагрузку на один квадратный метр покрытия с учетом кровельного пирога и несущих конструкций, используя техническую документацию. Расчет представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Нагрузки на один квадратный метр покрытия

№ п/п	Наименование нагрузок	Нормативная нагрузка, кгс/м ²	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	Расчетная нагрузка, кгс/м ²
1. Постоянные нагрузки				
1	4 слоя рубероида на битумной мастике	12	1,3	15,6
2	Цементно–песчаная стяжка $\delta = 20$ мм	36	1,3	46,8
3	Керамзит $\rho = 700$ кг/м ³ $\delta = 80–120$ мм	70	1,3	91
4	Пароизоляция – обмазка битумом за 2 раза	1	1,3	1,3
Итого: g =				154,7
2. Временные нагрузки				
1	Снеговая нагрузка	168	1,4	235,2
Итого: g =				389,9

Сборная железобетонная круглопустотная плита марки ПК 60.15 по серии 1.141–1 вып. 1 рассчитана на нормативную нагрузку 630 кгс/м², что больше нагрузки, действующей на плиту, следовательно, условие прочности выполняется.

2.7.4 Выводы по результатам проведенного расчёта

Выполненный расчет конструкций комплекса зданий корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» показал, что несущая способность плит покрытия достаточна.

2.8 Результаты проведенного обследования

Конструкции, имеющие повреждения, изображенные на рисунках 1, 2, 4, 6, 7 находятся в работоспособном состоянии, т.к. выявленные повреждения незначительно снижают их несущую способность и эксплуатационную пригодность.

Конструкции, имеющие повреждения, изображенные на рисунках 3, 5, 8–12, 17–21, находятся в ограниченно – работоспособном состоянии, т.к. выявленные повреждения снижают их несущую способность и эксплуатационную пригодность. Требуется проведение ремонтно – восстановительных работ, в ходе которых необходимо устранить выявленные повреждения.

Конструкции, имеющие повреждения, изображенный на рисунках 13–16, находятся в ограниченно – работоспособном состоянии т.к. выявленные повреждения снижают их несущую способность и эксплуатационную пригодность. По совокупности количества и характера обнаруженных дефектов и повреждений здание камеры баков давления (Лит. А7) необходимо демонтировать.

Остальные несущие и ограждающие строительные конструкции находятся в работоспособном техническом состоянии.

Других видимых нарушений правил безопасной эксплуатации не обнаружено.

Прочность бетона в строительных конструкциях соответствует проектным значениям.

Твердость металла в стальных конструкциях соответствуют проектным значениям.

Прочность кирпичной кладки в строительных конструкциях соответствует проектным значениям.

Остаточный ресурс, строительных конструкций зданий (Лит. А5, Лит. А6, Лит. А8) по результатам выполненного расчета не соответствует нормативным показателям, здание (Лит. А7) требуется демонтировать.

Несущая способность конструкций покрытия комплекса зданий (Лит. А5–А8) соответствует нормативным показателям.

Вывод по второй главе

В результате обследования строительных конструкций комплекса зданий корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» выявлены следующие повреждения: деструкция отдельных участков ограждающих конструкций в виде расслоения кирпича и выветривания/вымывания цементно – песчаного раствора, разрушение отдельных мест отмостки и отсутствие подоконных сливов. На основании технического состояния отдельных конструктивных элементов, технического состояние комплекса зданий определено как ограниченно – работоспособное.

На основании проведенного обследования выявлены две причины коррозионного разрушения кладки: от воздействия агрессивной среды химического предприятия и воздействия природного характера.

Основным веществом, влияющим на разрушение каменной кладки и ускоряющий этот процесс, является влага. Проникая в цементно – песчаный раствор и микротрещины кирпича, при изменении температурно – влажностного режима, изменяясь в объеме, приводит к увеличению растрескивания.

Выполнен расчет остаточного ресурса, строительных конструкций. При выполнении рекомендаций и мероприятий по обеспечению нормативного уровня технического состояния строительных конструкций остаточный ресурс составляет: здание корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» (Лит. А5) – 163 года, здания вентиляционных шахт №1 и №2 (Лит. А6 и Лит. А8) – 132 года, здание камеры баков давления (Лит. А7) – 1 год.

В настоящее время большое значение уделяется экологическому влиянию предприятий на окружающую среду, однако производство без выбросов и утечек невозможно. Механизм разрушения ускоряется при наличии во влаге производных данного предприятия, таких как карбамид, аммиачная селитра и ее производными.

Необходимо провести испытания по определению влияния на прочность керамического кирпича искусственно созданной агрессивной среды из водного раствора карбамида. Проанализировать полученные результаты.

Глава 3. Планирование и проведение экспериментального исследования по оценке влияния водных растворов карбамида на керамический кирпич

3.1 Программа экспериментального исследования

Подготовка к испытанию. Для проведения эксперимента 03.10.2019 г., было принято четыре пары керамического кирпича из одной партии М150 с характеристиками 1НФ/150/1,2/100, класс средней плотности 1,2, водопоглощение 9–11%, морозостойкость – 100 циклов. Внешний вид образцов и их размеры соответствуют требованиям нормативно–технической документации [2]. Фактические геометрические размеры испытываемых образцов представлены в таблице 3.

Для приготовления водных растворов использовалось гранулированное удобрение – Карбамид марки Б – содержащий 46% элементов азота в соответствии с [3] применяемый для растениеводства.

Образцы керамического кирпича перед испытанием выдерживали трое суток в закрытом помещении при температуре воздуха от 20 до 25 °С.

Подготавливаем водные растворы с концентрацией карбамида марки Б, на 1 литр дистиллированной воды – 300 (500, 700) гр., и получаем следующие составы:

Ёмкость № 1 – 30% водный раствор карбамида ($6 \times 0,3 = 1,8$ кг сухого вещества).

Ёмкость № 2 – 70% водный раствор карбамида ($6 \times 0,7 = 4,2$ кг сухого вещества).

Ёмкость № 3 – 50% водный раствор карбамида ($6 \times 0,5 = 3$ кг сухого вещества).

В таблице 9 указано кол–во образцов керамического кирпича, погружаемого в ёмкости в соответствии с номером и концентрацией водного раствора карбамида марки Б.

Таблица 9 – Распределение образцов керамического кирпича

№ п/п	Наименование	Номера образцов керамического кирпича							
		1.1	1.2	30.1	30.2	70.3	70.4	50.5	50.6
1	Без погружения	+	+	–	–	–	–	–	–
2	Ёмкость № 1 – 30% р-р	–	–	+	+	–	–	–	–
3	Ёмкость № 2 – 70% р-р	–	–	–	–	+	+	–	–
4	Ёмкость № 3 – 50% р-р	–	–	–	–	–	–	+	+

На рисунке 31 представлено взвешивание сухих гранул карбамида в ёмкости № 2, для получения 70% водного раствора и погружаемые образцы.



Рисунок 31 – Ёмкость №2 – взвешивание сухих гранул карбамида и погружаемые образцы

Гранулы или кристаллы карбамида окрашены в белый цвет, легко растворим в жидких веществах таких как вода, спирт.

Предел прочности при сжатии кирпича определяем на образцах, полученных после испытания на изгиб. Для определения прочности при сжатии используем гидравлический пресс «П–50».

Предел прочности при изгибе керамического кирпича определяем на целом кирпиче, уложенном на две опоры гидравлического пресса «П – 10».

Используемые инструменты, оборудование, инвентарь и материалы, представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Потребность в инструменте, инвентаре, оборудовании и материалах

Наименование	ГОСТ	Ед. изм.	Кол-во	Назначение
Контрольно-измерительный инструмент				
Линейка измерительная металлическая	ГОСТ 427–75	шт.	1	Замер геометрических размеров образцов
Весы напольные Redmond RS–752		шт.	1	Измерение массы образцов
Войлок технический толщиной 5 мм		шт.	2	Выравнивание поверхности образца
Термометр		шт.	1	Определение температуры воздуха
Оборудование				
Пресс гидравлический «П–10»	ГОСТ 31733–2012	шт.	1	Получение значений по прочности на изгиб
Пресс гидравлический «П–50»	ГОСТ 31733–2012	шт.	1	Получение значений по прочности на сжатие
Материалы				
Кирпич керамический пустотелый рядовой одинарный М–150	ГОСТ 530–2012	шт.	8	
Карбамид марки Б		кг	9	
Инвентарь				
Ведро пластиковое, 10л		шт.	3	Разведение раствора
Карандаш		шт.	1	Нанесение рисок

3.2 Характеристика образцов

Образцы изготовлены по ГОСТ 530–2012. Вследствие технологии производства керамического кирпича, а именно сушки и обжига, он подвергается усадке, что не всегда позволяет получить кирпич заданных геометрических размеров: 250x120x65мм. В соответствии с [31] п.4.2.2 предусматривает допустимые отклонения геометрических размеров на одном изделии:

- по длине ± 4 мм;
- по ширине ± 3 мм;

– по толщине ± 2 мм.

Дефекты внешнего вида изделий в соответствии с [31] п.5.1.4– отсутствовали.

Все геометрические параметры отобранных образцов занесены в таблицу 11.

Таблица 11 – Геометрические параметры образцов

Номер образца	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Вес, кг
1	250	119	65	2,184
2	252	119	65	2,183
3	250	117	64	2,189
4	250	116	64	2,199
5	248	117	64	2,196
6	247	117	64	2,209

3.3 Технические характеристики гидравлического оборудования

Для получения значений по прочности кирпичных образцов на сжатие и изгиб, было использовано 2 прессы:

Гидравлический пресс «П – 10», предназначен для испытания строительных материалов по [39]. Ниже представлен внешний вид гидравлического прессы «П – 10» (рисунок 32).

Предельная нагрузка – 100 кН;

Цена деления – 16,67 кгс;

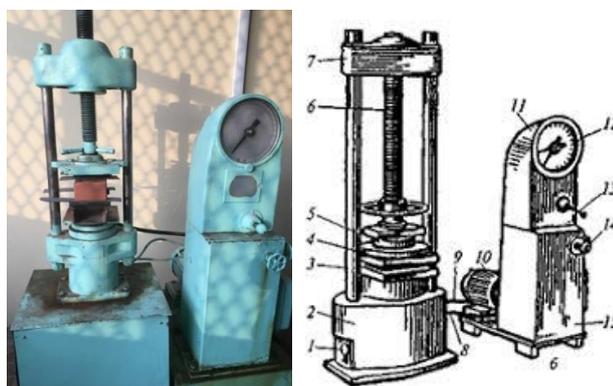


Рисунок 32 – Гидравлический пресс «П – 10»

Гидравлический пресс «П – 50», предназначен для испытания строительных материалов. Внешний вид гидравлического пресса «П – 50» представлен на рисунке 33.

Предельная нагрузка – 500 кН

Цена деления – 100 кгс



Рисунок 33 – Гидравлический пресс «П – 50»

Пресс оснащен двумя колоннами, расположенными вертикально, ручным центральным винтом для перемещения траверсы.

3.4 Проведения экспериментального исследования

Первый этап испытаний: ознакомившись с [38] таблица 2, где указана степень агрессивного воздействия карбамида (мочевины) на глиняный/силикатный кирпич, при влажном температурном режиме воздушной среды, как – средняя, была принята программа по следующего порядку:

03.10.2019 г., при постоянной температуре воздуха 20–22°C, погрузили пронумерованные пары образцов керамического кирпича М–150 в ёмкости с водным раствором карбамида марки Б.



Рисунок 34 – Выдерживание кирпичных образцов в водных растворах карбамида марки Б

Спустя 1536 часа или 64 суток – 05.12.2019 г., три пары образцов были извлечены из растворов для проведения дальнейшей программы испытания.



Рисунок 35 – Образцы № 4,5,6 после извлечения из водного раствора

На образцах № 1–6 по всей площади наблюдалось образование кристаллизованных гранул карбамида в виде «шубы» толщиной 1–2 мм. Разрушение верхних слоев изделий в виде отслоения, выкрашивания, растрескивания – не наблюдалось.

Далее была принята циклическая программа испытаний образцов с учетом влияний знакопеременных температур окружающей среды. Основываясь на [37], кристаллы карбамида имеют достаточно высокую прочность. В связи с данными характеристиками механизм разрушения кирпичных образцов можно представить следующим образом: пыль карбамида или его растворы, попадая на поверхность, под влиянием температурно–влажностного режима окружающей среды проникают в поровое пространство кирпича и образуют кристаллы. С течением времени размер кристаллов увеличивается, что вызывает внутренние напряжения и разрушение структуры. Данный вид коррозии можно отнести к физической форме солевой коррозии по классификации В.М. Москвина [42]. Разрушение образцов под воздействием раствора карбамида должно начаться с верхних слоев 3–5мм, затем после полного ослабления поверхностного слоя, начнется разрушение следующего слоя.

Второй этап испытаний. На основании научной диссертации [14], после высушивания кирпичных образцов при температуре 22 °С в течении 3х суток, образцы были подвержены 5 одинаковым циклам.

Цикл №1–5:

1. выдержка в насыщенном растворе в течении – 24 часа;
2. высушивание в течении 7 часов с температурой воздуха 70 °С;
3. охлаждение при температуре –15°С в течении – 6 часов.

После 5 циклов образцы просушили 3 суток при температуре воздуха 22 °С и приступили к третьей части экспериментальной программы – проведения испытаний по определению предела прочности на сжатие и изгиб.

Третий этап испытаний. Проведение испытания по определению предела прочности на изгиб.

Предел прочности на изгиб определяем на образцах, установленных на двух опорах гидравлического пресса марки «П–10» по схеме, приведённой на рисунке 36. Опоры для образца принимаем в виде цилиндрических катков

диаметром 2 см. Предварительно, на все образцы в соответствии со схемой испытания керамического кирпича на изгиб, на боковые поверхности образца наносят вертикальные осевые линии под опоры в 3 местах с обеих сторон.

Нагрузку прикладывают в середине образца и равномерно распределяют по ширине элемента. Нагрузка должна возрастать непрерывно со скоростью, обеспечивающей разрушение через 20 – 60 с после начала испытаний. Образец устанавливают в центре плиты прессы, совмещая геометрические оси образца и плиты, и прижимают верхней плитой прессы

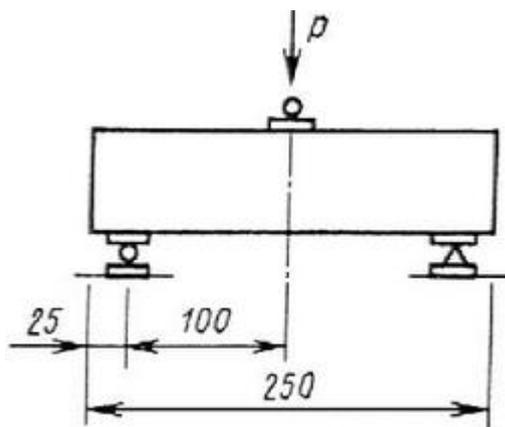


Рисунок 36 – Схема испытания керамического кирпича на изгиб

При определении предела прочности при изгибе, образцы, значения которых имеют отклонения от среднего значения всех образцов более чем на 50%, не учитываются. Ниже представлена установка образцов в пресс, выдержанных в водном растворе карбамида марки Б и без выдерживания (рисунок 38,40). Разрушение образца было хрупким, разделив элемент на 2 части (рисунок 39).

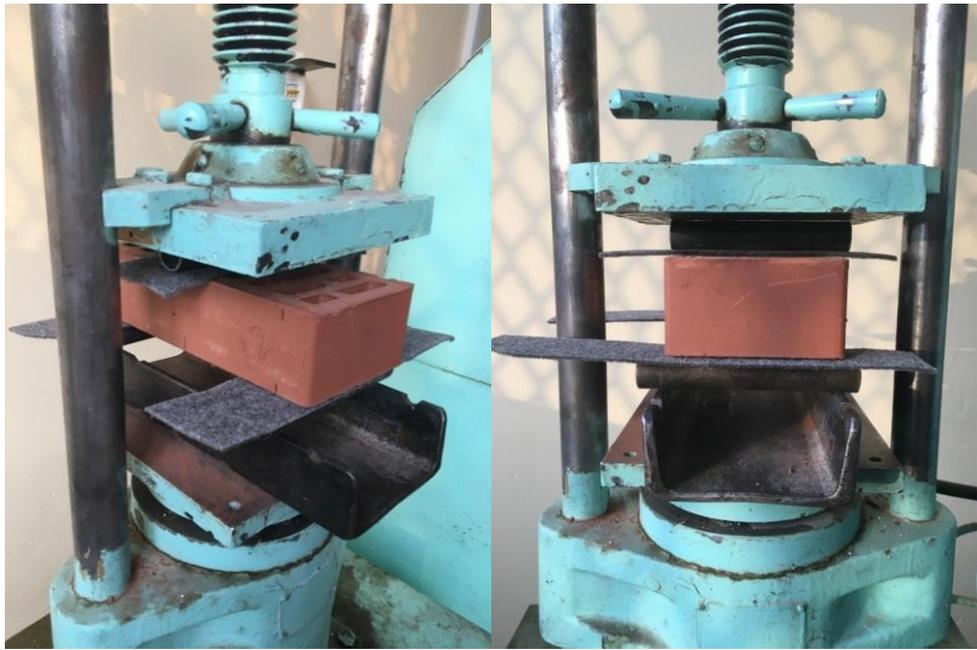


Рисунок 38 – Установка образца №1.2 в пресс «П-10»



Рисунок 39 – Хрупкое разрушение образца № 1.1 по схеме испытания на изгиб



Рисунок 40 – Испытание на изгиб образца №4

Проведение испытания по определению предела прочности на сжатие

Предел прочности на сжатие определяем на образцах, состоящих из двух половинок кирпичей. Половинки укладывают постелями друг на друга, поверхностями раздела в противоположные стороны. Опорные поверхности кирпича выравниваем с помощью прокладок из технического войлока [1].

Схема испытания образцов приведена на рисунке 41.

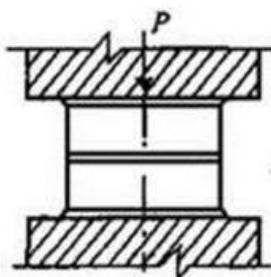


Рисунок 41 – Схема испытания керамического кирпича на сжатие

Определяем опорную площадь путем измерения ширины и длины только поверхности половинок, уложенных друг на друга.

На боковые поверхности образца так же наносят вертикальные осевые линии. Образец устанавливают в центре плиты пресса, совмещая геометрические оси образца и плиты, и прижимают верхней плитой пресса.

Нагрузка на образец, прикладывалась в соответствии с требованиями [32], непрерывно и равномерно со скоростью, обеспечивающей его разрушение через 20 – 60 с после начала испытания. На рисунке 42 представлено испытание кирпичных образцов, подверженных воздействию водного раствора карбамида, на предел прочности при сжатии.

С нарастанием нагрузки наружная поверхность образца начала покрываться трещинами и откалываться от основной части. При дальнейшем увеличении нагрузок происходило накопление упругих деформаций и как следствие полное разрушение образца (рисунок 43).



Рисунок 42 – Испытание образцов на предел прочности при сжатии



Рисунок 43 – Разрушение образца

3.5 Обработка полученных результатов и их аналитическая оценка

Предел прочности при изгибе $R_{изг}$, МПа (кгс/см²), образца вычисляют по формуле 7:

$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad (7)$$

где P – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, (кгс);

l – расстояние между осями опор, м (см);

b – ширина образца, м (см);

h – высота образца посередине пролета без выравнивающего слоя, м (см).

Ниже представлены таблицы с полученными значениями по прочности при изгибе (таблица 12) и сжатию (таблица 13). Для визуального сравнения полученных значений по прочности при изгибе и сжатию изображены диаграммы.

Таблица 12 – Полученные значения по прочности при изгибе

Номер образца	l , см	b , см	h , см	P , кг/см ²	$R_{изг}$, МПа
1.1	20	11,7	6,4	0,40008	16,03
1.2	20	11,8	6,4	0,42509	16,89
30.1	20	11,9	6,5	0,46776	18,14
30.2	20,2	11,9	6,5	0,38341	15,02
70.3	20	11,7	6,4	0,37174	14,89
70.4	20	11,6	6,4	0,41675	16,84
50.5	19,8	11,7	6,4	0,22545	8,94
50.6	19,7	11,7	6,4	0,45843	18,09

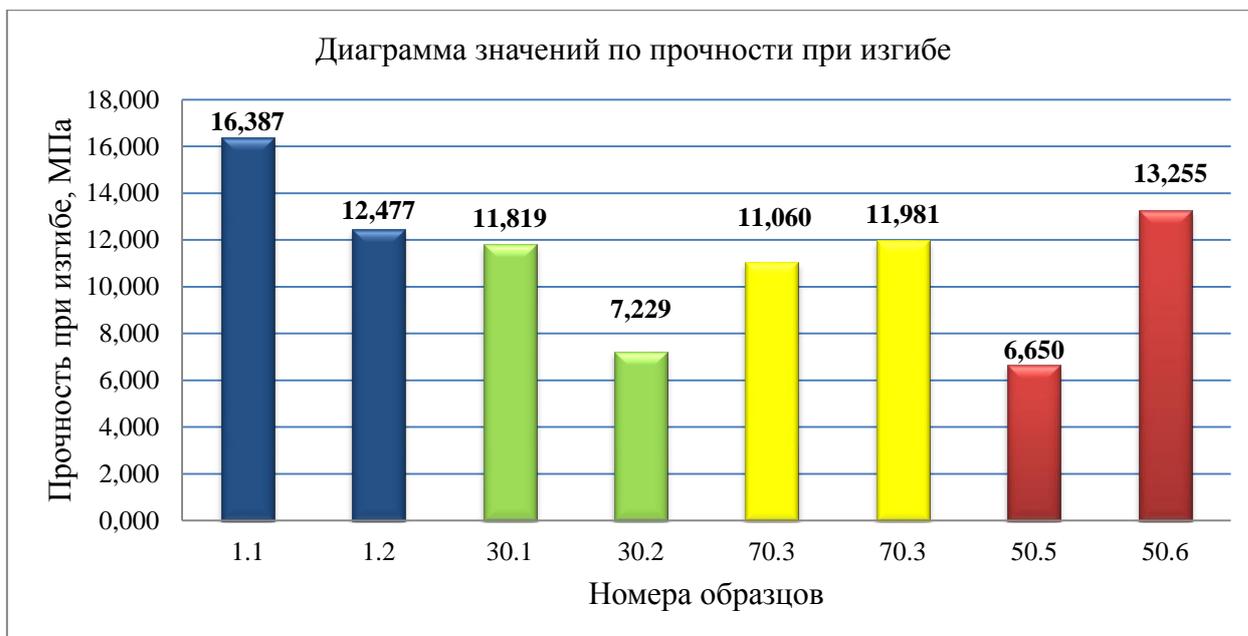


Рисунок 44 – Диаграмма полученных значений по прочности при изгибе

Предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа (кгс/см²), образца вычисляют по формуле 8:

$$R_{сж} = \frac{P}{F} \quad (8)$$

где P – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, МН (кгс);

F – площадь поперечного сечения образца, вычисляемая как среднее арифметическое значение площадей верхней и нижней его поверхностей, м² (см²).

Таблица 13 – Полученные значения по прочности при сжатии

Номер образца	l, см	b, см	P, кг/см ²	$R_{изг}$, МПа	Среднее значение
1.1	8,5	11,2	15600	16,386	14,432
1.2	11,6	11,4	16500	12,4773	
30.1	11,5	10,3	14000	11,8193	9,524
30.2	10,8	11,4	8900	7,2287	
70.3	11,5	11,4	14500	11,0603	11,520
70.4	9	11,5	12400	11,9807	
50.5	6,8	11,5	5200	6,6496	9,952
50.6	9	11,4	13600	13,2554	

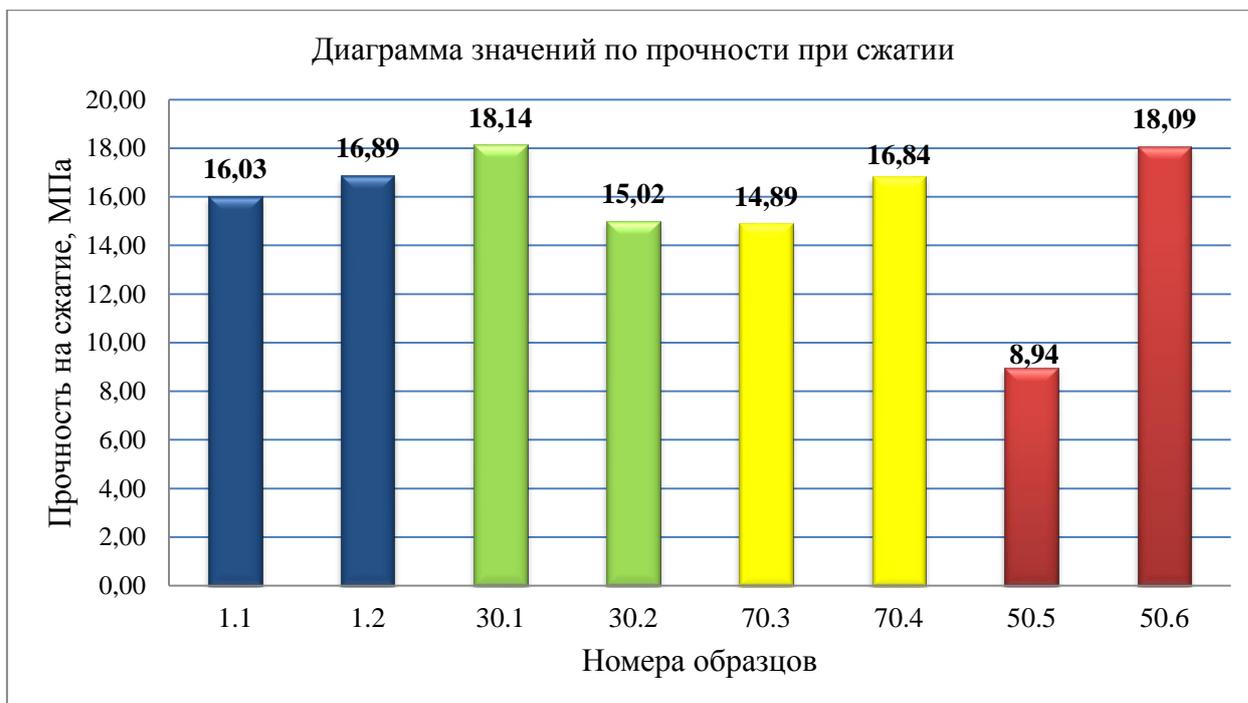


Рисунок 45 – Диаграмма полученных значений по прочности при сжатии

После проведения испытаний по определению предела прочности на сжатие и изгиб, рассмотрим структуру разрушенного образца на рисунке 46.



Рисунок 46 – Разрушенный образец

На образце, как предполагалось ранее, накопление кристаллов карбамида в поверхностном слое и порах – не обнаружено. Можно

наблюдать только образование налета из кристаллизованных частиц карбамида.

Вывод по третьей главе

По окончанию программы испытания не было достигнуто желаемого результата, а именно получение 70–80% проникновения водного раствора карбамида в поверхностные слои образцов в пределах 2–3 мм и его разрушения. На основании полученных средних значений по прочности при сжатии образцов керамического кирпича, можно сделать вывод, что наблюдается некое снижение по прочности в пределах 15–33%.

В связи с изложенным, необходимо продолжить изучение воздействия калийного удобрения на керамический кирпич. Изучение данного вопроса приведет к выводу об определении наличия/отсутствия агрессивного воздействия разновидности минерального удобрения – карбамид, на кирпич.

Таким образом, полученные в работе результаты позволяют понять, что повреждения наружных ограждающих конструкций комплекса зданий ОАО «ТОЛЬЯТТИАЗОТ» вызваны не только производимым на заводе минеральным удобрением карбамид, а совокупностью всех разрушающих внешних воздействий. На основании данного опыта мы видим, что имеется некое воздействие минерального удобрения на прочность кирпичных образцов поэтому, в дальнейшем при проведении дополнительных исследований можно будет достаточно точно определить наличие/отсутствии агрессивного воздействия разновидности минерального удобрения – карбамид, на конструкции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Комплекс зданий завода по производству минеральных удобрений ОАО «ТОЛЬЯТТИАЗОТ»: 171 Главная понизительная подстанция №1 (Лит.А5) – имеет каркасную конструктивную схему, ограждающие конструкции выполнены из керамического кирпича. Здание вентиляционной шахты №1 (Лит.А6), Здание камеры баков давления (Лит.А7), Здание вентиляционной шахты №2 (Лит.А8) –имеют бескаркасную конструктивную схему, ограждающие конструкции выполнены из силикатного кирпича.

2. В ходе предварительно-визуального и детально-инструментального обследования определены участки с наличием повреждений отдельных участков кладки наружных стен, требующие ремонта.

3. Остаточный ресурс, строительных конструкций, при выполнении рекомендаций и мероприятий по обеспечению нормативного уровня технического состояния строительных конструкций составляет: здание корпуса 171 «Главная понизительная подстанция №1» (Лит. А5) – 163 года, здания вентиляционных шахт №1 и №2 (Лит. А6 и Лит. А8) – 132 года, здание камеры баков давления (Лит. А7) – 1 год.

4. На основании полученных средних значений по прочности при сжатии образцов керамического кирпича было обнаружено некоторое снижение по прочности в пределах 15–33%.

5. Значения по прочности кирпичных образцов при изгибе не показали явного снижения.

6. Таким образом, полученные в работе результаты позволяют понять, что повреждения наружных ограждающих конструкций комплекса зданий ОАО «ТОЛЬЯТТИАЗОТ» вызваны не только производимым на заводе минеральным удобрением карбамид, а совокупностью всех разрушающих внешних воздействий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ASCE 7–02, «Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, 2002 edition» American Society of Civil Engineers, Reston, VA, 2002.
2. EN 1992–3:2006 Eurocode 2 – Design of Concrete Structures – Part 3 : Liquid retaining and containment structures.: [сайт] http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/WS2008/EN1992_3_Jones.pdf/.
3. World Trade Center Building Performance Study: Data Collection, Preliminary Observations, and Recommendations. Federal Emergency Management Agency (FEMA), 403 /May 2002, New York.
4. Войтович В.А., Хряпченкова И.Н. роль нанотехнологий в повышении качества и долговечности кирпичной кладки / Строительные материалы. 2015.№12. С. 54–56.
5. ГОСТ 31937–2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния (от 27.12.2012 N 31937–2011).
6. Зимин С.С., Аверьянова О.В., Романов Н.П. Причины деструкции кладки наружных стен технического этажа / Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №12(27). С. 112–122.
7. Ильичев В.А. Деформационный мониторинг в строительстве / В.А. Ильичев А.С. Алешин, В.Б. Дубовицкий // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2003. – № 3. – С. 12–15.
8. Инчик В.В. Микробная деструкция и солевая коррозия кирпичной кладки // Вестник гражданских инженеров. 2018. №6(71). С. 86–92.
9. Инчик В.В. Эрозия и коррозия кирпичной кладки//Вестник гражданских инженеров. 2004.№1. С. 92–98.
10. Ищук М.К. Причины дефектов наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки / Жилищное строительство. 2008. № 3. С. 28–31.
11. Ласьков Н.Н., Подогова В.И. Схемы разрушения каменной кладки и условия их наступления / В сборнике: Эффективные строительные

конструкции: теория и практика/ сборник статей XVI Международной научно–технической конференции. Под редакцией Н.Н. Ласькова. 2016. С. 3–8.

12. Леденев В.В., Однолько В.Г. Анализ причин аварий зданий и сооружений и пути повышения их надежности // ISSN 0136–5835. Вестник ТГТУ. 2012. Том 18. № 2. Transactions TSTU.

13. Леденев В.В. Предупреждение аварий : учеб. пособие / В.В. Леденев, В.И. Скрылев. – М. : АСВ, 2002. – 240 с. 4. Плевков, В.С. Оценка технического состояния, восстановление и усиление строительных конструкций инженерных сооружений : учеб. пособие / В.С. Плевков, А.И. Мальганов, И.В. Балдин. – М. : АСВ, 2011. – 316 с.

14. Любченко С.П. Антикоррозийная композиция для защиты строительных конструкций производств минеральных удобрений //Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

15. Молотков Г.С., Кагазежева Д.С. Анализ причин повреждений кирпичных стен / В сборнике: Строительство и экономика: проблемы и решения Сб. ст. по материалам региональной науч.–практ. конф. студентов, аспирантов, магистрантов и преподавателей, 21 марта 2018 г.. Краснодар, 2018. С. 27–30.

16. НПБ 105–03. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. Утверждены приказом МЧС РФ от 18 июня 2003 г. № 314.

17. Пособие. Организация и проведение обследования технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений. Под редакцией Морозова А.С. и др., М, 2001г.

18. Предотвращение аварий зданий и сооружений /Под ред. К.И. Еремина// Сборник научных трудов, выпуск 8. – М.: 2009. – 560 с.

19. РД 03–606–03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю. Утверждена Постановлением Госгортехнадзора России от 11.06.03. № 92.
20. Скребцов Е.И. Влажностные воздействия на лицевой кирпичный слой слоистых стен / Синергия Наук. 2017.№12. С. 729–735.
21. СП 13–102–2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. Приняты и рекомендованы к применению постановлением Госстроя России от 21 августа 2003г. № 153.
22. Хорст Б. Способ гидроизоляции кирпичной кладки, устройство для его осуществления и покрытие, выполненное этим способом / патент на изобретение RUS2135716.
23. Analysis of the use of waterproofing treatments on copings and cornices in preservation of the brickwork heritage *M. S. Camino Olea, F. J. León Vallejo, A. Llorente Álvarez, J. M. Olivar Parra* / Informes de la Construcción. 2017;69(545):e184–e184 DOI 10.3989/ic.15.066.
24. Study of the brickwork masonry cracking with a cohesive fracture model *Reyes, E., Casati, M. J., Gálvez, J. C.* / Materiales de Construcción. 2011;61(303):431–449.
25. ГОСТ 17624–2012. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности (от 27.12.2012 N 17624–2012).
26. ГОСТ 22690–88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля (утв. Постановлением Госстроя СССР от 23.09.1988 № 192).
27. ГОСТ 28702–90. Контроль неразрушающий. Толщиномеры ультразвуковые.
28. Пособие. Организация и проведение обследования технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений. Под редакцией Морозова А.С. и др., М, 2001г.
29. Пособие. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам.

30. СНиП 52–01–2003 Бетонные и железобетонные конструкции.
31. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции.
Актуализированная редакция СНиП II–22–81*.
32. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85* (с Изменением N 1)
33. СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11–85» (с Изменением N 1).
34. СП 56.13330.2011. Производственные здания.
Актуализированная редакция СНиП 31–03–2001.
35. ГОСТ 8462–85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.
36. ГОСТ 530–2012. Кирпич и камень керамические Общие технические условия.
37. ГОСТ 2081–2010 Карбамид. Технические условия (с изменениями N 1)
38. Рекомендации по проектированию защиты от коррозии строительных конструкций складов минеральных удобрений.
39. ГОСТ 31733–2012 Прессы гидравлические. Требования безопасности.
40. ГОСТ 7025–91 Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости.
41. ГОСТ 19433–88 Грузы опасные. Классификация и маркировка (с Изменением N 1)
42. Москвин В.М. и др. Защита металлических и железобетонных конструкций от коррозии. Бетон и железобетон. Стройиздат, №2, 1984, с.30–31.