

А.К. Еремин, к. т. н., ООО «ВЕЛД»

# ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ АВАРИЙНЫХ РАЗРУШЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

*Основные промышленные предприятия в Советской России были построены в начале или середине двадцатого века. Срок эксплуатации производственных зданий ограничен несколькими десятилетиями (от десяти до пятидесяти лет). Таким образом, можно утверждать, что на сегодняшний день практически все крупные промышленные предприятия в Российской Федерации представлены устаревшим «основным фондом».*

Для анализа разрушаемости зданий производственного назначения необходимо знать основные причины аварий и разрушений.

Необходимо выделить несколько групп причин возможных аварийных обрушений. Для этого необходимо классифицировать разрушения по местам их возникновения:

1. Фундаменты
2. Стены и несущие конструкции
3. Покрытия

У каждой из групп необходимо выделить наиболее подверженные разрушению элементы и основные причины их возникновения (табл. 1–3)

Анализируя причины образования дефектов, следует оценивать интенсивность их распространения в стеновых ограждениях зданий, а так же физические факторы и временные интервалы их проявления.

Известно, что в цехах с влажным и мокрым режимом разрушение панельных стен начинается в зоне стыков, особенно вертикальных, а затем распространяется по поверхности панелей, нарушая защитный слой бетона и обнажая арматуру. Первопричиной преждевременного разрушения стеновых конструкций является температурно-

влажностной режим ограждения. Исследования указывают, что влажность панельных стен и ее изменение зависит от времени года, и в наружных слоях панелей в зимний период влажность достигает 30 - 35%. Причин высокой влажности материала несколько: высокая влажность внутреннего воздуха, большой тепловой напор, способствующий прониканию влаги в толщу ограждения, недостаточная защита внутренней поверхностей стен влаго- и паронепроницаемыми покрытиями. Влияние на влажностное состояние стен оказывает конструктивное решение оконного заполнения и его узлов сопряжения со стенами: сопряжение стен с оконным заполнением имеет существенные конструктивные недостатки, в связи с чем, конденсат, образующийся на остеклении, беспрепятственно попадает в толщу ограждения и увлажняет стеновой материал. Это существенно ухудшает теплотехнические свойства ограждающих конструкций, и в первую очередь их термическое сопротивление. В результате заметно увеличивается глубина промерзания стен в зимний период года: она достигает 20-25 см. Попеременное замораживание и оттаивание стенового мате-

риала с высокой влажностью является основной причиной преждевременного разрушения стен.

Исследования показывают, что на влажностное состояние панельных стен оказывают большое влияние стыки между панелями. Деградирует материал швов между панелями вследствие особого характера деформаций наружных стен конструкций под действием периодических изменений температуры и влажности окружающей среды. Амплитуда суточных колебаний составляет около 0,87 мм, а абсолютная величина годовой амплитуды деформации панелей - около 3,5 мм. Эти деформации способствуют появлению в швах трещин с различной шириной раскрытия, что существенно увеличивает воздухопроницаемость стеновых конструкций.

Помимо этих причин, влияющих на ускоренный износ ограждающих конструкций необходимо отметить причины, возникающие на стадии проектирования, строительства и эксплуатации.

Главной причиной на стадии проектирования для выбора типа ограждающих конструкций является оценка агрессивности и влажности производственной среды. Выбор излишней площади остекления стен и недостаточно

**Таблица 1. Наиболее подверженные разрушению элементы фундаментов при эксплуатации промышленных зданий нефтегазового комплекса**

Разрушение	Возможные причины
Осадок фундамента:	-высокий уровень подземных вод. -подтопление (это приводит к постоянному затоплению подвалов и к необходимости откачки воды) -суффозия грунта при постоянных откачках воды, -динамическое воздействие на фундамент от работы машин, нагрузка от складирования; -температурные воздействия;
Неравномерная осадка фундамента:	Из-за неравномерной осадки фундамента образуются трещины, прогиб здания на отдельных участках. Т.к. в основании фундаментов находятся элювиальные грунты разной степени выветривания, являющиеся продуктами разложения кварцево-хлористых сланцев. Под некоторыми фундаментами находится элювиальный суглинок твердой консистенции с влажностью около 12%. Под другими – дресвяные или щебенистые грунты с супесчаным или суглинистым заполнителем. То есть, грунты основания весьма неоднородны по гранулометрическому составу и, как следствие, по физико-механическим свойствам. Кроме того, фундаменты под разными частями здания имеют разную глубину заложения. Само по себе наличие просадок фундаментов под колонны не опасно для технического состояния каркаса, когда они по своей величине приблизительно одинаковы для каждого фундамента. Опасны значительные различия в величине просадок, особенно большая разница осадок двух рядом расположенных колонн.
разрушение фундаментов в почве:	-ошибки при вбивании свай во время строительства; -неправильно выбранные концентрации веществ и свойств заполнителей бетона; -превышение допустимых сжимающих напряжений при динамических нагрузках;

проработанные узлы примыкания стен к оконному заполнению могут способствовать ускоренному разрушению ограждающих конструкций.

На стадии строительства причиной преждевременного разрушения ограждающих конструкций является плохое выполнение монтажных работ: использование поврежденных при транспортировке и хранении панелей, отсут-

ствия заполнения швов или его некачественное выполнение, низкое качество при защите конструкций от коррозии, дефекты при устройстве оконного заполнения и т. д.

На стадии эксплуатации причиной разрушения ограждающих конструкций часто являются высокая влажность внутреннего воздуха из-за неработающей системы приточно-вытяжной вентиляции.

Общим для практически всех зданий является то, что их конструкции эксплуатировались в условиях постоянного или периодического воздействия агрессивных сред – паров и случайных проливов кислот и их солей, щелочей, повышенной температуры, атмосферных осадков.

Причины аварий могут быть субъективные и объективные. К субъектив-

## Краски ЙОТУН - непревзойденная защита от коррозии !



**Продажа краски со склада в Санкт-Петербурге.**

**Приглашаем к сотрудничеству региональных дилеров.**

**Имеется мультicolorная машина.**

198096 С-Петербург пр. Стачек д.57 оф.31 тел. (812) 332 00 80 факс (812) 783 05 25

E-mail: [russia.reception@jotun.com](mailto:russia.reception@jotun.com)

[www.jotun.ru](http://www.jotun.ru)

**Таблица 2. Наиболее подверженные разрушению элементы стен и несущих конструкций при эксплуатации промышленных зданий нефтегазового комплекса**

элемент	Разрушения и их возможные причины
стены с кирпичной кладкой:	Трещины в стенах; Перегрузки; Неравномерные осадки фундаментов; Недостаточная прочность кирпича; Воздействие непредусмотренных расчетом динамических нагрузок; Низкое качество кладки (плохое заполнение швов раствором, искривление кладки, отсутствие необходимой перевязки, отсутствие связи стен между собой и с перекрытиями; недостаточная длина опирания балок и плит на стены или столбы, трещиноватость кирпича); Снижение прочности кладки вследствие замачивания; Включение в кладку элементов другой жесткости (перемычек, балок, поясов); Температурные и усадочные деформации; Отсутствие распределительных подушек под опорными концами несущих конструкций перекрытий или покрытия; Пробивка борозд или отверстий; Появление дополнительных изгибающих моментов; Протечки санитарно-технических систем, кровли, карнизов, водосточных труб; Усадочные деформации стен и покрытий; Попеременное замораживание и оттаивание кладки
Железобетонные конструкции:	Трещины; Дефекты при изготовлении (отклонение геометрических размеров от проектных, несоблюдение толщины защитного слоя, несоответствие марок и класса бетона, некачественная установка закладных деталей, отклонение конструкции от проектного положения, наличие окол, трещин и каверн в бетоне, некачественное выполнение узлов сопряжений, неправильное распалубирование); Дефекты армирования; Чрезмерные натяжения арматуры; Коррозия: - в жидких средах - в химических реакциях между компонентами цементного камня и раствора - в процессах кристаллизации малорастворимых продуктов реакции и как следствие, развивающееся внутреннее напряжение бетона Искривления и погнутости элементов.
Металлические конструкции:	Искривление элементов; Общие и местные прогибы; Отклонение ферм по вертикали; Расстройство болтовых соединений; Прогибы фасонок; Трещины в основном материале, сварных швах и на стойках;

ным можно отнести следующие причины повреждения конструкций:

1. Ошибки при проектировании, в том числе неудачные конструктивные решения:

- не учитывается влияние природных факторов, влияющих на формирование и развитие геологических процессов;
- не вскрываются слои слабых грунтов вследствие недостаточной глубины или объема горных выработок;
- не определяется пространственная изменчивость свойств грунтов;
- не определяются в полном объеме характеристики структурно-неустойчивых, например, просадочных грунтов;
- не определяются фильтрационные характеристики подземных вод и их химический состав;
- не приводятся рекомендации для принятия строительных решений;
- не учитывается тип проектируемого здания;
- не учитывается возможность и высо-

та затопления застройки;

- не проводятся наблюдения за участками, потенциально склонными к оползням, селям, лавинообразованию;
  - не прогнозируется: повышение уровня грунтовых вод или длительное обводнение оснований в процессе эксплуатации; возрастание коррозионной активности;
  - не учитываются состояние зданий, построенных ранее.
2. Низкое качество изготовления и монтажа конструкций, и иные ошибки при строительстве:
- локальные перекопы котлованов;
  - затапливание их атмосферными водами;
  - промораживание и оттаивание;
  - разрушение естественной структуры транспортом;
  - нарушение технологии водопонижения;
  - попадание под фундаменты чернозема и рыхлого грунта;
  - низкое качество работ при устройс-

тве фундаментов;

- недобивка свай от проектного положения;
  - недопустимое отклонение свай от проектного положения;
  - повреждение свай при забивке;
  - невыполнение конструктивных и водозащитных мероприятий;
  - низкое качество бетона;
  - нарушение технологии ремонтных работ;
  - промораживание бетона, приводящее к резкому снижению прочности и появлению трещин;
  - плохое качество заделки колонн в стаканную часть фундаментов;
  - повреждение фундаментов механизмами;
  - изменение проекта фундаментов;
  - выполнение обратной засыпки при недостаточной устойчивости фундаментов.
3. Неправильная эксплуатация зданий.
- перегрузка полов, фундаментов или грунта у фундаментов конструкций;

# КЗИТ

## ООО «Копейский завод изоляции труб»

Россия, 456656, Челябинская обл., г. Копейск,  
пос. Железнодорожный, ул. Мечникова, 1  
тел. (3512) 70-93-59 тел./факс: (3512) 62-39-16  
www.kzit.ru e-mail: kzit@chel.surnet.ru



- отрывки котлованов у фундаментов;
- появление деформаций просадки, набухания, выщелачивания, ползучести;
- разрушения фундаментов коррозией, снижения, снижения прочностных характеристик грунтов при насыщении их маслами и растворами;
- динамические воздействия.

Помимо объективных причин износа зданий, таких как режим работы конструкций, степень агрессивности среды, температурно-влажностный режим, есть субъективные причины – соблюдение правил технической эксплуатации со стороны технологического и ремонтного персонала. Если работоспособное состояние каркасов промышленных зданий прогнозируется при воздействии объективных причин разрушения, то нарушение норм технической безопасности (механические воздействия на конструкции, складирование горячих материалов в непосредственной близости от несущих конструкций, неисправности кранового оборудования и возникновения перекосов при движении кранов, сверхнормативные нагрузки (снег, пыль и т.д.)) могут привести и приводят к возникновению непредсказуемых повреждений и аварий.

Здания нефтегазового комплекса подвергаются как внешним, так и внутренним воздействиям. Все воздействия распределяются на физико-химические (радиация, снег, температура, осадки (кислотные дожди, град, снег), газы, химические вещества, электромагнитные волны, биологические вредители, технологические процессы, влажность) и механические (воздушные потоки, нагрузки, блуждающие токи, морозное пучение, давление грунта и т.п.). Из всех перечисленных выше факторов особо следует отметить влияние гидрогеологических изменений грунтов на долговечность зданий, а так же климатические условия.

Основными источниками подтопления являются:

- Наличие плохопроводящих и плохопроницаемых слоев суглинков;
- Слабая дренированность территории;
- Наличие предприятий с повышенным водопотреблением (более 1000 м<sup>3</sup>/сутки на 1га) и высокой плотностью сетей водопровода, канализации и теплоснабжения;
- Большие (нередко превышающие нормативные) утески из водонесущих коммуникаций и аварийные ситуации в них, не ликвидируемые продолжительное время;
- Барражный эффект подземных частей зданий;
- Повреждение отмосток вокруг здания.

Так же важной причиной значительных деформаций кирпичных зданий являются недостаточно полные гидрогеологические изыскания.

В последнее время количество аварийных обрушений промышленных зданий постоянно увеличивается. В тех случаях, когда аварийное обрушение все-таки произошло,

### I. Изоляция

Имеющееся на заводе оборудование позволяет наносить следующие виды антикоррозионных покрытий: эпоксидное, двух и трёхслойное экструдированное. Диаметр изолируемых труб с 273 по 1420 мм. Проектная мощность 300 км усреднённого диаметра (1020мм) в год. В 2004 году получены положительные результаты испытаний заводского покрытия на соответствие Техническим требованиям ОАО «АК» Транснефть. Трубы завода с наружным защитным покрытием используются при капитальном ремонте и строительстве газопроводов ОАО «Газпром».

### II. Изготовление гнутых отводов

Создан и успешно функционирует цех по изготовлению гнутых отводов как из изолированных так и из чёрных труб диаметром от 219мм до 1420мм включительно. Гнутые отводы соответствуют требованиям ГОСТ 24950-81 и ТУ 1468-013-00154341-03.

### III. Восстановление труб бывших в эксплуатации

Введён в строй цех по восстановлению труб бывших в эксплуатации диаметром от 530 мм до 1420мм, мощность цеха 100 км в год усреднённого диаметра (1020мм).



**Таблица 3. Наиболее подверженные разрушению элементы покрытий при эксплуатации промышленных зданий нефтегазового комплекса**

элемент	Разрушения и их возможные причины
Кровля:	Разрушение бетонной стяжки Разрушение утеплителя Разрушение пароизоляции Причины: - температурно-влажностной режим; - низкая эксплуатационная надежность проектного решения

очень важно правильно установить причины и хронологию произошедшего, чтобы принять меры, исключающие возможность повторения аварии.

Температура внутри помещения на предприятиях нефтегазового комплекса (в уральском регионе зимой) 11...12,8°C, а относительная влажность воздуха 68...85%. На внутренней по-

верхности стены температура поверхности имеет значение ниже температура точки росы = 8,8°C и здесь может происходить конденсация влаги.

Циклическое замораживание и оттаивание влаги накопившейся в зонах конденсации явилось причиной возникновения дополнительных силовых воздействий, приведших к значитель-

ным повреждениям наружных стен.

В случае нахождения в здании, например, печи, температура отводимых газов достигает 850–1050°C. Следовательно воздушная среда: температура +5...+45°C, относительная влажность до 90%; содержание агрессивных компонентов SO<sub>2</sub> до 4,02 мг/м<sup>3</sup>; технологические растворы с содержанием сер-

**Таблица 4. Результаты обследований**

элемент	Результат обследований
Колонны:	- Общая коррозия элементов колонн до 10%, в отдельных местах до 35%; - Отсутствие элементов соединительной решетки; - Повреждение узлов крепления соединительной решетки в ветвях; - Смещение верха колонн из плоскости поперечной рамы у температурных швов; - Местные и общие прогибы элементов колонн; - коррозия и механические разрушение бетона усиления колонн.
Стропильные фермы:	- Местные и общие прогибы элементов; - Скопление технологической пыли на верхних и нижних поясах ферм; - Коррозия элементов ферм 5–10%; - Деформирование нижних поясов ферм.
Подстропильные фермы:	Коррозия элементов ферм до 5%;
Несущие конструкции транспортной галереи:	Общая коррозия всех элементов порядка 10%; - Общие прогибы центральных стоек до 50 мм; - Увеличение зазора между уголками составных сварных сечений в результате межщелевой коррозии прокладок.
Стеновое ограждение:	- Трещины в стенах крайних рядов; - Выпучивание кладки стен крайних рядов; - Выветривание кладочного раствора; - Замачивание стен атмосферной и конденсатной влагой.
Покрытие:	- Скопление технологической пыли у бортовых стенок фонаря; - Общая коррозия металлического листа покрытия от 30 до 80%. Связи по покрытию: незначительные прогибы растяжек нижнего пояса до 20 мм; - Отсутствие элементов связей.
Стальные фермы:	Повсеместно покрыты продуктами сплошной и язвенной коррозии. Диаметр углублений язвенной коррозии до 507 мм, глубиной до 1-2 мм через 10 – 15 мм по всей поверхности ферм. Толщина слоя коррозии достигает 3 мм, а в зазорах между парными уголками элементов фермы от 5 до 30 мм. Во всех без исключениях фермах зазоры между уголками заполнены продуктами коррозии, которые в некоторых местах распирают уголки, разворачивая их относительно друга вокруг продольной оси. Обмеры сечений уголков показали, что толщина их за годы эксплуатации уменьшилась в среднем на 2,0-3,6 мм. Имеются, однако отдельные места, где под воздействием технологических паров или протечек кровли толщина уголков ферм уменьшилась на 50 %.
Железобетонные конструкции перекрытий:	- Коррозия бетона на значительных площадях (до 1,5 – 2,0м <sup>2</sup> ) и вследствие этого уменьшение поперечного сечения балок на отдельных участках до 30%, а толщины плит до 80 -100 мм; - Оголение рабочей арматуры балок вследствие разрушения защитного слоя бетона и коррозия ее до 15-30% с потерей несущей способности балок и плит; - Образование продольных трещин шириной раскрытия до 5 мм по нижней плоскости главных и второстепенных балок перекрытий; - Коррозия бетона и арматуры колонн в уровне пола первого этажа на глубину до 50-60 мм с уменьшением поперечного сечения до 30% и обрывом части рабочей арматуры; - образование вертикальных трещин шириной до 25мм в кирпичной облицовке колонн, свидетельствующие о том, что облицовка включена в совместную работу с железобетонными колоннами, имеющими повышенную деформативность. Общим признаком всех без исключения дефектов, обнаруженных в железобетонных конструкциях рабочих площадок является то, что они носят не силовой, а коррозионный характер.
Стены:	Деформации стен вызвали перекос рабочих площадок и, как следствие, выпучивание стены в наружную сторону до 200 мм в уровне перекрытий, а затем образовались сквозные вертикальные и наклонные сквозные трещины в кирпичных пилястрах непосредственно под опорными площадками главных балок рабочих площадок и ферм покрытия.
Перекрытия:	Практически на всех перекрестных железобетонных балках перекрытий образовались сквозные побочные трещины, разрушен защитный слой бетона, оголена арматура, степень коррозии находится в пределах от 5 до 15 %. Разрушение защитного слоя бетона перекрестных балок связано с воздействием на бетон агрессивной газо-воздушной среды при эксплуатации.

Таблица 5. Таблица отклонений

Коэффициент	Отклонение	Ранжировка отклонений	Поправочный коэффициент
1.Скорость ветра	0,03275	1	0,9
2.Температура пятидневки	0,05325	2	0,8
3.Сейсмичность	0,08275	4	0,6
4.Холодные сутки	0,06225	3	0,7

ной кислоты до 150 г/л.

Опыт показывает, что в случае, если причина аварии неправильно установлена либо не выявлена, аварии повторяются. Основные группы дефектов зданий:

- «Ошибка заказчика» — принципиально не верный выбор назначения и параметров объекта;
  - Ошибка проекта — неправильно выбранное конструктивное решение;
  - Ошибка строителей — нарушение технологии строительства;
  - Неправильная эксплуатация здания;
- Если первая причина включает причины общего порядка и на состояние отдельных зданий не оказывает, то три

остальных в тех или иных комбинациях, сказываются на состоянии отдельных конструкций и всего здания в целом. Обычно две последние выявляют и усиливают, до поры до времени, скрытую ошибку проекта.

Так же сильно влияет изменение условий эксплуатации:

1. Увеличение интенсивности их эксплуатации при возрастании объемов выпускаемой продукции;
2. изменение технологического процесса, особенно с увеличением технологических нагрузок, изменения внутренней среды в цехе (увеличение агрессивности среды, повышенные тепловыделения

или понижение температуры эксплуатации конструкций и т. д.)

Важным элементом для анализа разрушаемости конструкций служит элемент или материал, с помощью которого было построено здание.

Так, например панели (из бетонов на пористых заполнителях с наружными и внутренними фактурными слоями толщиной 20 мм из цементного раствора — применяют для отапливаемых зданий, с шагом колонн 6 м) применяют в зданиях с относительной влажностью внутреннего воздуха 75%, с неагрессивной средой, со слабоагрессивной газовой средой; при относительной влажности до 60%, в зданиях со слабой и среднеагрессивной средой. Для панелей 300 мм в соответствии со СНиП II-3-79 при влажности 65% допустимая температура наружного воздуха -22°C; при влажности 70% допустимая температура наружного воздуха -16°C.

(Окончание в следующем номере)



## Передовые технологии защиты от коррозии Полиамидное покрытие

# RILSAN

## Долговечная защита трубопроводов в условиях агрессивной среды

- Высокая атмосферостойкость
- Устойчивость к истиранию
- Отличная химическая стойкость
- Возможность работы при температуре от -40 до +100 °C
- Устойчивость к соленой морской воде



Прекрасно противостоит износу,  
коррозии и действию абразивов

# АЛТИКОМ

ООО «ТПК «Алтиком»

г. Москва, тел: (495) 364-63-45

423823, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, а/я 139

Тел./факс: (8552) 39-61-92, 39-61-93

E-mail: alticom@mail.ru

[www.alticom.ru](http://www.alticom.ru)