

УДК 69.059.2

АВАРИИ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И БЕЗОПАСНОСТЬ

А.Б. ТРИНКЕР, доктор техн. наук

Regeneration Technology Centre & Consulting Development Innovation

Промышленные аварии и катастрофы, произошедшие в середине прошлого века, дали толчок созданию новых материалов, технологий и базовых нормативных документов, способствовавших предотвращению новых техногенных катастроф. Эксплуатируемые в XXI веке промышленные сооружения, построенные 40–50 лет назад, требуют периодического обследования опытными специалистами.

Ключевые слова: авария, проектирование бетона, коррозия, долговечность, контроль качества, методика ремонта, восстановление, предотвращение.

На строительных объектах аварии и катастрофы происходили во все времена и в разных странах. Опыт обследования аварийных сооружений показывает, что техногенная катастрофа – это совокупность и результат ошибок на всех стадиях строительства: проектирование, подготовка и организация, производство работ, эксплуатация. Происхождение катастроф – это наложение дефектов, нарушений и отклонений, однако основным при этом является так называемый «человеческий фактор».

АВАРИЯ НА ТЭЦ В БОЛГАРИИ

На ТЭЦ комбината «Марица-Восток» в 1961–1962 гг. была построена самая большая на Балканах дымовая труба высотой 180 метров при участии советских специалистов. Однако в период монтажа внутренней футеровки случился пожар. Большая высота оболочки трубы стала причиной возникновения огромной тяги внутри ствола, в итоге температура достигала нескольких сотен градусов Цельсия, что привело к деформации всех конструктивных элементов опалубки и шахтоподъёмника, в бетоне трубы возникли трещины и вырвы. В результате возникла проблема сноса дымовой трубы высотой 180 метров и строительства новой, что вынужденно

сдвигало сроки ввода в эксплуатацию всего комбината минимум на два года.

Эту проблему успешно решила группа советских специалистов, возглавляемая Б.Д. Тринкером (фото 1) – руководителем Центральной лаборатории высотных и специальных конструкций и сооружений № 10 ВНИПИ «Теплопроект Минмонтажспецстрой СССР».



Фото 1. Тринкер Борис Давидович (1914–2004) – советский учёный, кандидат технических наук, разработал систему проектирования и подбора составов особопрочного, осободолговечного бетона для специального строительства, в том числе для Останкинской телебашни в Москве



Тринкер Александр Борисович



Фото 2. Скульптура «Родина-мать зовёт!» – композиционный центр памятника-ансамбля «Героям Сталинградской битвы» на Мамаевом кургане в Волгограде. Одна из самых высоких статуй мира

Штаб по реконструкции объекта возглавлял первый Президент Народной Республики Болгария Тодор Живков. В ходе работ советский специалист Б.Д. Тринкер с подвесной строительной люльки выполнил обследование поверхности оболочки аварийной дымовой трубы по всей высоте и предложил выполнить восстановление несущей способности трубы в соответствии с только что отработанной в его лаборатории новейшей методикой ремонта строительных конструкций и сооружений.

Суть методики состояла в нагнетании инъекционных составов, проникающих во все поры, трещины, каверны и раковины, одновременно пропитывая и укрепляя дефектную поверхность. Двухкомпонентный инъекционный состав готовили в лаборатории, консистенцию подбирали с помощью вискозиметра. Состав заливали в подготовленные и заранее расчищенные трещины. При этом требовалось обязательное соблюдение требований по технике безопасности, охране труда работников и окружающей среды, а также противопожарной безопасности.

Работы по ремонту оболочки трубы по методике Б.Д. Тринкера были выполнены за два месяца,

и дымовая труба вступила в строй действующих объектов ТЭЦ «Марица-Восток», обеспечив успешную работу всего комбината, а Б.Д. Тринкер только спустя несколько десятилетий узнал, что за «героический подвиг» по ремонту самой высокой в Западной Европе трубы болгарские сотрудники – его подчинённые – получили высшие болгарские награды!

Спустя десять лет в лаборатории № 10 был разработан насос-установка УНК-2 для механизированного нагнетания инъекционных растворов и новые, более эффективные композиции для пропитки и защиты бетона, которые представлены в разработанной Б.Д. Тринкером «Инструкции по противокоррозионной защите и ремонту полимерными материалами дымовых промышленных труб и других специальных высотных железобетонных сооружений» ВСН 344-75 Минмонтажспецстроя СССР [1].

ПРЕДОТВРАЩЁННАЯ АВАРИЯ В ВОЛГОГРАДЕ

В 1967 году был возведён самый высотный монумент «Родина-мать» в Волгограде. Размеры монумента «Родина-мать», то есть его «парусность», и суровые климатические условия эксплуатации обязывали на стадии проектирования и строительства обеспечить повышенные требования к качеству бетона (прочности, морозостойкости, водонепроницаемости) и непрерывному контролю качества (мониторингу), однако этого не было сделано. Вскоре после окончания строительства памятник начал разрушаться: в заполнителе бетона были обнаружены вредные примеси аморфных разновидностей кремнезёма, вызвавшие вырывы и трещины в бетоне сооружения, а прочность бетона была недостаточной, создалась угроза его разрушения.

Для решения проблемы специалисты лаборатории коррозии НИИЖБ Госстроя СССР (д.т.н. Ф.М. Иванов, В.Г. Батраков) посоветовали применить гидрофобизацию поверхности кремнийорганическими жидкостями ГКЖ, однако их состав был смыт первым же дождём. К.т.н. Б.Д. Тринкер произвёл обследование всей поверхности монумента, разработал специальную «Инструкцию по ремонту и восстановлению несущей способности монумента» и применил свою технологию нагнетания полимерных составов в трещины, раковины и каверны, меч был заменён (фото 2).

В результате была предотвращена авария монумента «Родина-Мать» – 18 января 1971 года директор памятника генерал-майор в отставке подарил Б.Д. Тринкеру книгу-альбом «Героям Сталинградской битвы» (изготовлена в ГДР 30.10.1968 г.) с надписью: «С глубоким уважением Б.Д. Тринкеру! Участнику строительства памятника-ансамбля «Героям Сталинградской битвы».

АВАРИЯ НА ХИМИЧЕСКОМ КОМБИНАТЕ В НОВГОРОДЕ

Произошла в 1982 году на железобетонной грануляционной башне производства нитроаммофоски НРК на Новгородском химическом комбинате «СОЮЗАЗОТ» (в настоящее время фирма «АКРОН»). Гранбашня (фото 3) была построена в конце 1970-х годов и снабжена новейшим химическим оборудованием по технологии Всесоюзного Научно-Исследовательского Института минеральных материалов и продуктов органического синтеза ГИАП Минхимпрома СССР.

Гранбашня состоит из железобетонной (марка бетона по прочности при сжатии М300) цилиндрической оболочки толщиной 200 мм, высотой 160 и диаметром 28 метров, с двухрядным армированием арматурой периодического профиля А-III, с пристроенной лестницей, транспортными галереями и трубопроводами. Внутри от отметки 0,00 до 100,00 м вся поверхность железобетона рабочей камеры была покрыта тремя слоями эпоксидно-каменноугольной смолы. На отметке 100,0 м установлено перекрытие из нержавеющей стали, на котором смонтировано многотонное дорогое импортное оборудование, предназначенное для распыления химических реагентов, поступающих из форсунок в перекрытии в рабочую камеру гранбашни, а противотоком снизу подаётся тёплый воздух. В конце процесса грануляции готовое минеральное удобрение НРК механическими скребками собирается на железобетонном полу и транспортёрами отправляется в упаковочный цех и далее в транспортный цех.

НРК — комплексное минеральное удобрение: Азот + Фосфор + Калий, которое при соединении с водой образует соответствующие кислоты, вступающие в химические обменные реакции с минералами цементного камня (2-й вид коррозии по классификации д.т.н. В.М. Москвина), быстро разрушающие бетон и арматуру. В 1982 году производство НРК было остановлено в результате возникшей аварийной обстановки. Этому предшествовало в начале 1980-х годов обрушение нескольких подобных гранбашен на Чирчикском комбинате «Союзазот», в результате которого погибли операторы, работавшие в гранбашне, следствием чего стало создание специальной службы, которую возглавил автор статьи.

Необходимо отметить, что минеральные удобрения производятся на российских заводах из отечественных полезных ископаемых и обеспечивают постоянной работой тысячи отечественных учёных, инженеров, рабочих и лаборантов. Компания «АКРОН» в 2010 году имела по данным IFRS (International Financial Reporting Standards) чистую прибыль 7,3 млрд рублей. С начала производства

НРК часть готовой продукции цеха нитроаммофоски вывозили на экспорт в соответствии с взаимно выгодными договорами, заключёнными с американской корпорацией Occidental Petroleum. Корпорация поставляла комплекты оборудования для наших химических комбинатов в обмен на производимые минеральные удобрения. Следовательно, быстро отремонтировать и сохранить в работоспособном состоянии основную гранбашню производства экспортной продукции — была ответственная и престижная задача.

Автор статьи — главный технолог А.Б. Тринкер — провёл обследование с подвесных подмостей всей внутренней поверхности оболочки аварийной гранбашни. В результате проведённого обследования на высотах 80–120 метров было установлено: полностью разрушено защитное трёхслойное покрытие эпоксидно-каменноугольной смолы, бетон оболочки гранбашни по всей окружности в верхней зоне в результате коррозии (выщелачивание из бетона гидроксида кальция и обменные реакции при взаимодействии НРК с минералами портландцементного клинкера — силикатами, алюмоферритами и алюминатами) потерял несущую способность, не защищает арматуру от проникновения раствора НРК внутри бетонного массива, в оболочке образовались



Фото 3. Грануляционная башня производства нитроаммофоски НРК на Новгородском химическом комбинате «СОЮЗАЗОТ»

кольцевые вырвы бетона высотой 1,5–2,5 м и глубиной 10–15 см, требуется немедленная остановка производства и срочный ремонт.

А.Б. Тринкер составил подробную «Инструкцию по ремонту и восстановлению несущей способности гранбашни НРК», в том числе: расчистка бетона от продуктов коррозии, проверка индикатором наличия щелочной реакции бетона, затем требовались пескоструйная обработка и промывка бетона и обнажённой арматуры, а в зонах рабочих швов и в месте сопряжения оболочки гранбашни с горизонтальным перекрытием на отметке 80,0–120,0 м – дополнительное усиление арматуры. Техническому надзору дирекции Новгородского химкомбината «СОЮЗ-АЗОТ» было строго указано на необходимость обеспечить 100%-ный контроль качества на всех стадиях работ, исключая повторения аварии.

В результате ремонт гранбашни НРК был проведён в соответствии с требованиями нормативных документов и «Инструкции», что обеспечило значительное продление срока её эксплуатации.

ПРЕДОТВРАЩЁННАЯ КАТАСТРОФА НА УКРАИНЕ

Авария могла произойти в 1979 году в период начала эксплуатации первой в СССР самой высокой и мощной башенной железобетонной градирни высотой 150 и диаметром 130 метров (гиперболический параболоид, фото 4) для обеспечения потребностей самой мощной Ровенской АЭС в посёлке Кузнецовск – возводимая ВО «Гидроспецстрой» Минэнерго СССР, до этого высота градирен не превышала 90 м.



Фото 4. Градирни высотой 150 м Ровенской АЭС

После возведения примерно 15–20 метров оболочки градирни (не считая наклонной колоннады) лабораторный контроль качества обнаружил в заполнителях включения вредного минерала опала. Опал – водный аморфный кремнезём, реагирующий со щелочами, содержащимися в цементе, вызывает коррозию и разрушение бетона. Особенно быстро реакция происходит во влажных условиях эксплуатации градирни при температуре воды 40 градусов и выше, то есть в построенном 150-метровом сооружении.

В «Инструкции по возведению железобетонных труб и башенных градирен» ВСН 430-82 Минмонтажспецстроя СССР [2] в п. 6.23 (стр. 23) указано: «Мелкий и крупный заполнитель бетона, предназначенный для возведения труб и градирен, не должен содержать аморфных видоизменений кремнезёма (опал), кремнистых сланцев, пирита и других минералов, способных вступать в реакции со щелочами цемента». Служба контроля качества ВО «Гидроспецстрой» Минэнерго, руководимая автором статьи, вовремя подняла тревогу, и строительство было остановлено. После проведения в Центральной лаборатории № 10 ВНИПИ «Теплопроекта» Минмонтажспецстроя комплекса экспресс-анализов было принято решение: произвести защиту бетона возведённых ярусов по технологии к.т.н. Б.Д. Тринкера, одновременно обеспечить на карьере добычи заполнителей 100%-ный контроль качества и отбраковку партий, не соответствующих всем требованиям ВСН 430-82. Совещания, в которых принимал участие автор статьи, происходили в «Союз-Атоме» Минэнерго СССР. В результате: огромные 150-метровые градирни после ремонта обеспечивают два реактора ВВЭР-440 и два ВВЭР-1000, которые в течение более 38 лет успешно вырабатывают электроэнергию для Украины.

ПРЕДОТВРАЩЁННАЯ КАТАСТРОФА В МОСКВЕ

В рекордно короткие для мировой строительной индустрии сроки – всего лишь за четыре года – была построена Останкинская 540-метровая телебашня. К 1963 году советские учёные и инженеры имели большой опыт возведения высотных и специальных сооружений, поэтому в процессе проектирования сооружения и состава бетона были учтены все возможные варианты. «Указания по выбору состава бетона и бетонированию железобетонной башни Московской радиопередающей станции телевидения высотой 520 метров» МСН 49-64 ГМСС СССР [3], разработанные к.т.н. Б.Д. Тринкером, успешно решили проблему получения особо долговечного бетона, а уникальный бетон высокой плотности

и морозостойкости предотвратил аварию в результате пожара, произошедшего 27–28 августа 2000 года на высотах 360–460 метров на Останкинской башне, с температурой более 1000 градусов Цельсия в течение двух суток (фото 5)!

Однако почему «мрачные» предсказания иностранных «специалистов» (*Кёльнская газета от 29.08.2000 г. на двух полных страницах передаёт все подробности о пожаре и задаёт вопрос: «Рухнет башня теперь?»*) не свершились? Ответ: изобретение Б.Д. Тринкером 70 лет назад самого первого в мире пластификатора ПАВ для бетона на основе сульфитно-спиртовой барды ССБ [4], названного автором «пластимент», обеспечило получение ВЕЧНОГО БЕТОНА Останкинской Башни! Пластификатор ССБ – обработанный по специальной методике лигносульфонат, является многотоннажным отходом целлюлозно-бумажных комбинатов, этой проблеме Б.Д. Тринкер посвятил свой диплом в 1939 году, однако война и мобилизация в ноябре 1939-го помешали автору внедрить свою идею. Продолжил работу и получил патент автор только после фронта, в 1946 году.

Здесь необходимо вспомнить историю: в 1960 году никто из 500 учёных-строителей различных НИИ СССР не брался за проектирование состава бетона для Останкинской телебашни. Боевой путь командира 104-й роты стрелковой дивизии РККА капитана Б.Д. Тринкера, прошедшего на фронтах всю Великую Отечественную войну, закалил его характер, он всегда умел рисковать, его грамотность была уникальной. Б.Д. Тринкер с честью и достоинством решил проблему проектирования состава бетона.

После пожара в Останкино прошло 11 лет, и случился пожар на 300-метровой телебашне в Нидерландах, но в отличие от Московской, Голландская башня очень быстро рухнула (через 1,5 часа, фото 6).

Учитывая мягкие по сравнению с московским климатом условия при строительстве и эксплуатации в Нидерландах (отсутствие зимы, льда и снега, отсутствие низких температур до 30–40 градусов мороза, отсутствие частых колебаний температур и многократных ежесуточных циклов замораживания-оттаивания, то есть переходов через ноль градусов, когда образовавшийся в порах бетона лёд создаёт значительные растягивающие напряжения), башня в Нидерландах не выдержала высоких температур на высоте всего-то 100 метров, которые были значительно более низкими, чем при пожаре в Останкино на высотах 420–360 метров.

В 2000 году двое суток бушевало пламя в Останкино на «космической» высоте, и температура бетона превышала 1000 градусов Цельсия, но наша башня выстояла! Почему наша башня выстояла после продолжительного пожара на высоте 360–460 метров, а в Голландии на высоте 100 метров башня от пожара



Фото 5. Пожар на радиопередающей станции телевидения «Останкинская телебашня», 27–28 августа 2000 года

рухнула? Из теплотехники известно: чем выше труба (внутри оболочка башни пустая), тем сильнее тяга воздуха и тем выше температура горения, на высоте, равной 400 метров, температура горения была более 1000 градусов Цельсия!

* *Цитата из учебника:* «Бетон на портландском цементе при температуре выше 300 градусов распадается на составляющие минералы, арматура, расширяясь, неуправляемо деформируется, бетон рассыпается в прах...» – такое должно было случиться, но помешал разрушению башни творческий гений Автора – был создан ВЕЧНЫЙ бетон.

Выводы: долговечность и коррозионная стойкость бетона и железобетона, предусмотренные заранее при проектировании бетона для уникального сооружения



Фото 6. Пожар на 300-метровой телебашне в Нидерландах в городе Хогерсмилд, 15 июля 2011 года

учёным Минмонтажспецстроя СССР Б.Д. Тринкером, и точное выполнение технологии спасли Останкинскую башню от катастрофы в августе 2000 года [5-20].

«Принципы, заложенные при проектировании бетона для Останкинской телебашни, применяются и сейчас при строительстве сооружений, высота которых почти в три раза превышает высоту Останкинской башни. Конечно, это совсем другие материалы: используются специальные синтетические ПАВ, микро- и нанонаполнители, специальные цементы. Недаром их зовут УНРС – бетоны с экстремально высокими свойствами. Но старшая сестра этих сооружений – Останкинская телебашня – простоит ещё много десятков лет как символ достижений наших учёных и строителей» (С.П. Сивков, к.т.н., заведующий кафедрой химической технологии композиционных и вяжущих материалов РХТУ им. Д.И. Менделеева).

Библиографический список

1. Тринкер, Б.Д. ВСН 344-75 «Инструкция по противокоррозионной защите и ремонту полимерными материалами дымовых промышленных труб и других специальных высотных железобетонных сооружений», Минмонтажспецстрой СССР. – М.: ЦБНТИ, 1976. – 62 с.
2. Тринкер, Б.Д. ВСН 430-82 «Инструкция по возведению монолитных железобетонных труб и башенных градирен», Минмонтажспецстрой СССР, Москва, 1982. – 86 с.
3. Тринкер, Б.Д. Указания по выбору состава бетона и бетонированию железобетонной башни Московской радиопередающей станции телевидения высотой 520 метров МСН 49-64 ГМСС СССР, Москва, 1964. – 60 с.
4. Тринкер, Б.Д. Патент № 87043: «Способ приготовления и применения пластимента для бетонов, описание изобретения к заявке № 389114 от 24 декабря 1948 года; Способ приготовления и применения пластимента для бетонов и катализатора для размола цементного клинкера, предметом изобретения является способ приготовления пластимента, применяемого в качестве пластификатора для бетонов – сульфитно-спиртовая барда ССБ».
5. Тринкер, Б.Д. Современное состояние исследований, проектирования и строительства монолитных промышленных труб // Первый генеральный доклад на Всесоюзной конференции «Современные проблемы разработки, проектирования, возведения и эксплуатации монолитных железобетонных труб». – М.: ВДНХ СССР, 27–29 октября 1983.
6. Тринкер, А.Б. «Покрытия возводятся без лесов» // Журнал ВДНХ СССР. – 1974. – № 9. – С. 32–33.
7. Тринкер, Б.Д. ВСН 326-74 «Инструкция по выбору состава бетона и технологии бетонирования при креплении шахтных стволов, проходимых в сложных гидрогеологических условиях», Минмонтажспецстрой СССР: М., 1974. – 32 с.
8. Тринкер, Б.Д. Бетоны высокой морозостойкости для высотных сооружений, возводимых в зимнее время / Б.Д. Тринкер, Г.Г. Дёмина // RILEM-1975-Москва, Второй междунар. симп. по зимнему бетонированию, 1975. – Т. 2. – С. 270–281.
9. Тринкер, Б.Д. Исследование влияния однократного замораживания на нарастание прочности бетона / Б.Д. Тринкер, И.Б. Заседателев, Г.Г. Дёмина // «Специальные бетоны и сооружения». – М.: ВНИПИ Теплопроект. – 1976. – № 41. – С. 14–21.
10. Тринкер, Б.Д. ВСН 336-76 «Инструкция по бетонированию конструкций тяжёлых морских причалов, возводимых в условиях низкотемпературной среды», Минмонтажспецстрой СССР. – М., 1977. – 60 с.
11. Тринкер, Б.Д. СН 406-70 «Указания по применению бетона с добавкой концентратов сульфитно-дрожжевой бражки», Госстрой СССР, 1970.
12. Тринкер, Б.Д. и др. Рекомендации по применению суперпластификатора ЛТМ в бетоне и железобетоне, Госстрой СССР, М., 1987.
13. ИМ-202-51 «Инструкция по изготовлению бетона с применением пластифицированного цемента или обычного цемента с добавкой на месте работ концентратов сульфитно-спиртовой барды» / Шестоперов С.В., Тринкер Б.Д., Стольников В.В., Гинзбург Ц.Г. – М.: Госстройиздат, 1951.
14. Локишин, В.Г. Новое направление в строительстве жилых, общественных зданий и специальных высотных сооружений / В.Г. Локишин, Б.Д. Тринкер // Монтажные и специальные строительные работы. – М.: ЦБНТИ, 1992. – № 7. – С. 3–7.
15. Тринкер, А.Б. Единая система скоростного бетонирования высотных сооружений // Бетон и железобетон. – 1983. – № 12. – С. 20–21.
16. Хаммер Арманд. Мой век двадцатый. Пути и встречи. – М.: «Прогресс», 1988. – 304 с.
17. Опыт применения полифункционального пластификатора ЛТМ / Тринкер, Б.Д., Уздин, Г.Д., Тринкер, А.Б., Чирков, Ю.Б. // Бетон и железобетон. – 1989. – № 4. – С. 4–5.
18. Совершенствование конструкций и строительство дымовых труб / к.т.н. Ф.П. Дужих, к.т.н. Б.Д. Тринкер // Строительство и архитектура: Обзор. информ. ВНИИ пробл. науч.-техн. прогресса и информ. в стр-ве, Серия «Промышленные комплексы, здания и сооружения», Вып. 2. Мировой уровень развития строительной науки и техники. – М.: ВНИИТПИ, 1990. – С. 42–47.
19. Тринкер, Б.Д. Полимерсиликатные бетоны для сборных и монолитных конструкций и сооружений / Б.Д. Тринкер, В.Н. Садакова, А.А. Кокин // Специальные строительные работы. – М.: ММСС СССР. – 1990. – № 2. – С. 18–23.
20. Тринкер, А.Б. Новый цемент в сборном и монолитном бетоне и железобетоне // Строительные материалы. – 1992. – № 12. – С. 17–19.