

Преодоление климатических проблем в строительстве

А.Б. Тринкер, д.т.н.

Аннотация: в 2010 году в ОАЭ было построено самое высокое здание из железобетона в мире, а в 1979 году в Казахстане отечественные строители построили самое высокое сооружение в Азии, в таком же жарком, но резко-континентальном климате.

Ключевые слова: небоскрёбы, всепогодное строительство, критические запредельные температурно-влажностные условия, долговечность.

Чтобы уверенно направляться в будущее, надо хорошо знать своё прошлое.

В 2010 году в Дубае, ОАЭ был построен самый высокий в мире небоскрёб «Башня Халифа», высотой 828 метров [5]. Проектировало американское архитектурное бюро, строила южнокорейская фирма. Общий срок строительства с 2004 по 2010 годы. В отчёте фирмы указано: «Специально для «Бурдж-Халифа» была разработана особая марка бетона, которая выдерживает температуру до +50 °С. Бетонную смесь укладывали только ночью, в бетонную смесь добавляли лёд», «строительство Бурдж-Халифа заняло 6 лет, чтобы закончить, используя 22 миллиона человеко-часов. Были наняты более чем 30 локальных подрядчиков и 12 000 рабочих из 100 стран. Проект был действительно глобален по своей природе».

- Я бы сказал – нашли чем хвастать! Интересно, что применение даже самых последних «достижений» XXI века в технологии бетона (суперпластификаторы очередного поколения, лёд в бетонной смеси, бетонирование только ночью и только 2 раза в неделю) и логистики (миксеры, бетононасосы) не всегда гарантировало темпы (сроки) и качество бетона. Отечественные строители имеют значительно более богатый и многосторонний опыт [1, 2, 3, 4] производства работ в условиях жаркого и сухого климата, при солнечной радиации и штормовых ветрах. Выбор материалов, проектирование и подборы составов любого бетона для любого климата в Мирове, то есть от минус 50 градусов (например в Якутске) до плюс 55°С и при любой влажности, производят строительные лаборатории в течении 60 лет в соответствии с универсальным «Руководством по проектированию и подбору составов гидротехнического и обычного бетона» 1957 года (автор Б.Д.Тринкер), главные принципы которого: простота, доступность, ускоренная за 1-2 дня методика всех расчётов, точность результатов.

- По определению, жаркий и сухой климат – при температуре выше плюс 25°C и относительной влажности менее 50%, требует многих специальных дополнительных мероприятий в технологии бетона.

В ОАЭ климат жаркий морской, но не сухой, температура достигает 50°C, но зато относительная влажность воздуха в пределах 90%, что не способствует быстрому высыханию твердеющего бетона.

Напротив, в Казахском Экибастузе температура в 55°C в тени, одновременно относительная влажность воздуха составляет 25-30%, что как насосом вытягивает всю влагу из твердеющего бетона. В таком климате твердеющий бетон без защиты рассыпается в прах.

В период с 1977 по 1980 годы в Казахстане на Экибастузской ГРЭС № 1 (мощностью 4 млн. квт.) были построены первые самые высотные в Азии инженерные сооружения дымовые трубы 300 и 330 метров высотой, из железобетона с проектными марками М400 (класс В30), F300 и W8. Основные параметры трубы – наружный диаметр у основания = 32 метра, наружный диаметр верхнего створа = 12 метров, толщина стенки изменяется от 0,8 м. у основания до 0,3 м. в верхней части. Расчётная высокая сейсмичность = 9 баллов вынудила использовать усиленную арматуру периодического профиля диаметром 38 мм, что привело к необходимости применять литую смесь с подвижностью 24-26 см осадки стандартного конуса.

В 1980 году на Киришской ГРЭС в особых условиях была построена 320-метровая дымовая труба с единственным иностранным оборудованием – бетононасосом, обеспечившим высокие темпы подъёма скользящей отечественной опалубки.

В 1985 году на Экибастузской ГРЭС № 2 была построена самая высокая в Мировой дымовая труба высотой 420 метров. Диаметр трубы у основания 44 метра, на отметке 420 м. = 14,2 метра, 35 000 м³ бетона.

Сравнивая с «Башней Халифа», каждую дымовую трубу строили: генподрядчик трест Экибастуэнергострой Минэнерго СССР (владелец БСУ и складского хозяйства) и субподрядчик, трубу № 1 В.О. «Гидроспецстрой» Минэнерго СССР, а трубу № 2 трест «Спецжелезобетонстрой» Минмонтажспецстроя СССР. В бригадах было только по 200 рабочих на каждой трубе, полный срок строительства каждой трубы составлял около двух лет, причём труба № 1 с последующим монтажом второго внутреннего ствола из кремнебетонных панелей, труба № 2 с одновременным бетонированием внутреннего ствола из лёгкого керамзитобетона с химдобавкой АЦФ-3М (изобретение к.т.н.Б.Д.Тринкера).

- В отличие от жилых небоскрёбов построенных в XXI веке, дымовые трубы должны долго и без ремонта работать в высокоагрессивных (!) кислых

средах: конденсатах разных кислот, выделяющихся из продуктов сгорания топлива на ГРЭС. Бетон дымовых труб дополнительно должен быть коррозионно-стойким в высоко-агрессивных средах и при высоком градиенте температур: от минус 60 градусов до плюс 60 градусов Цельсия (расчётные), то есть несравнимо с условиями службы любых небоскрёбов в жилых городах далёкого Экватора Земли.

- Резко континентальный климат Казахстана показал серьёзные проблемы в технологии бетонов. Температуры в зимний период достигали минус 40°C - 45°C со штормовыми ветрами от которого падали башенные краны и стены главного корпуса, в летние месяцы температура воздуха достигала 55°C в тени, при относительной влажности воздуха менее 25% (а в Дубае-ОАЭ = 90% !). Причём, в течении одних суток колебания воздуха в Экибастузе достигали более 30-40°C. Например, в июле 1978 года в 7-00 час утра, когда производственные бригады отправлялись в автобусах от городского общежития на стройку, температура воздуха была 16-20°C, в 12 час дня температура достигала 40°C, в 15 час температура достигала 55°C, потом начинался медленный спад, и в момент возвращения бригад в город в 20-00 час (12-часовые смены), температура была 30-35°C, а ночью воздух «остывал» до 16-20°C.

В жарком и сухом климате твердеющий бетон подвергается следующим вредным воздействиям: солнечная радиация и ветер форсируют испарение влаги из бетона сооружений имеющих большую открытую поверхность, это приводит к внутреннему массо- и теплопереносу, и к переменным термическим напряжениям в их стенках. Необходимость получения высокой подвижности литых бетонных смесей повышает расход цемента, что вызывает усадку при переменном по периметру сооружения нагреве от солнечной радиации. Трещины в бетоне сооружений возникают под влиянием усадки, от температурных и усадочных напряжений, возникающих в бетоне в процессе тепло- и массообмена с окружающей средой.

- Интенсивное испарение влаги уменьшает степень гидратации цемента и приводит к образованию направленных капилляров, ухудшающих микро-и макроструктуру цементного камня и бетона, резко понижается качество бетона, его плотность, прочность, долговечность. Образование трещин и ухудшение структуры бетона под воздействием переменной по величине солнечной радиации по периметру сооружения приводят к необратимым изменениям в бетоне. Поэтому необходимо обеспечить уменьшение величины и интенсивности испарения влаги из бетона и создать все требуемые условия для полной гидратации цемента и образования оптимальной структуры цементного камня и бетона, благодаря выравниванию градиентов влажности и температуры по сечению стенок сооружения. Это достигается путём влагозащиты и теплозащиты бетона,

способствующих выравниванию температуры по сечению и периметру сооружения.

- Бетонирование дымовых труб Экибастузских ГРЭС происходило непрерывно и круглосуточно, дымовая труба № 1 на ЭкГРЭС № 1 возводилась в скользящей опалубке (проект опалубки: главный конструктор Марина Тринкер, Гидроспецпроект), труба № 2 ЭкГРЭС № 1 в переставной. Было практически доказано: даже в самых жёстких климатических условиях при температуре плюс 55°С и относительной влажности менее 25%, темпы подъёма скользящей опалубки достигали 3-4 метра в сутки, а скорость подъёма в переставной опалубке (труба № 2, ЭкГРЭС № 1) составляла около 1 метр в сутки. В бетонные смеси вводили самый надёжный, простой, безопасный в применении и успешно применяемый с 1947 года ПАВ – СДБ (ЛСТ), который гарантированно обеспечил получение литой (24-26 см) бетонной смеси и одновременно самых высоких проектных марок бетона в сооружении: М400 (класс В30), F300, W8. Лабораторный контроль качества (мониторинг) производства бетонной смеси на БСУ, при укладке в опалубку, и последующему уходу был сразу организован непрерывно-круглосуточный.

- Применение скользящей опалубки для уникального сооружения было осуществлено в СССР впервые, с целью ускорения темпов и качества, учитывая, что при переставной опалубке для сооружения высотой 330 метров, соответственно будет 330 рабочих швов в которых бетон более проницаем, а вся конструкция немонолитная. Однако, торопливость высшего начальства (П.С.Непорожний) и категорическое требование начать 12 апреля 1978 без запаса строительных материалов необходимого качества, могло привести к аварии, автор статьи был вынужден завысить марку проектируемого бетона, и кроме того строительное управление ССМУ Энерговвысотспецстрой не смогло наладить непрерывный и постоянный геодезический контроль приборами PZL – в результате при темпах подъёма опалубки 3-4 метра в сутки возникли отклонения от вертикали до 600 мм. Контрольная проверка ультразвуковыми приборами показала прочность бетона значительно выше проектной (М450 – М500) и только поэтому проектировщики согласовали окончательную высоту трубы № 1 = 300 метров, то есть завышение проектной марки бетона автором спасло дымовую трубу № 1 Экибастузской ГРЭС № 1 в 1979 году.

Для защиты от высыхания твердеющий бетон после выхода из-под опалубки немедленно покрывали раствором водорастворимого дешёвого полимера КМЦ, который надёжно защищал бетон и обеспечивал полную гидратацию цемента до набора проектной прочности бетоном. Испытания контрольных образцов бетона, хранившихся в условиях конструкции, на прочность при сжатии, подтвердили проектные марки бетона инженерных сооружений.

- Процент введения в бетонные смеси ПАВ в течении суток варьировался, дозировка ПАВ изменялась строительной лабораторией 3-4 раза в течении суток, в зависимости от изменения температуры воздуха, что обеспечило постоянное качество и подвижность бетонной смеси при укладке в опалубку с учётом потерь во времени. Эффективно также применялись теплозащитные покрытия от солнечной радиации для выравнивания температуры по всему сечению сооружения.

- Необходимо отметить: все рабочие-высотники в период строительства были обеспечены жильём, а к зарплатам (базовый тариф) прибавляли высотные надбавки и командировочные (вахтовый метод), не было отбоя от желающих, кроме того был коэффициент 1,3 за опасные высотные условия, в результате средняя получка рабочего в месяц достигала 2000 рублей в 1977-1979 годах.

- Экибастузские ГРЭС № 1 и № 2 непрерывно работают в течении более 40 лет принося огромную прибыль новым хозяевам, производя электрическую энергию для всего Казахстана, что доказывает высокую долговечность бетона и надёжность возведённых советскими строителями дымовых труб. Причём имеются дополнительные мощности, так как электростанции работают не в полную нагрузку, соответственно при необходимости для новых потребителей электроэнергии в Казахстане или за пределами страны, можно увеличить, подключив резервные котлоагрегаты.

- Опыт летнего строительства в Казахстане при критических параметрах: температуре плюс 55 градусов и относительной влажности воздуха менее 25% указывает на необходимость строгого выполнения всех требований по подготовке, приготовлению бетонной смеси и уходу за твердеющим бетоном, геодезическому контролю, что обеспечило высокую долговечность сооружений.

- В результате применения простейших и надёжных отечественных технологии бетона и строительных материалов, был получен огромный экономический эффект, причём следует учесть: возведённые советскими инженерами высотные железобетонные сооружения никогда не красили (исключение – маркировочная сигнальная покраска для самолётов), а железобетонные ядра жёсткости небоскрёбов во всём Мире защищены: нержавеющей сталью, стеклом и силиконом, причём старые металлоконструкции, например Эйфелеву башню периодически каждые 7 – 9 лет красят.

- Опыт возведения самых высоких в Азии железобетонных сооружений на Экибастузской ГРЭС № 1 в 1977-1980 годах, и самой высокой в Мире дымовой трубы на Экибастузской ГРЭС № 2 в 1986, инструкции и документы разработанные советскими учёными и инженерами, были успешно применены в XXI веке при строительстве небоскрёбов, однако надо

понимать, что при всей мощнейшей западной рекламе-пропаганде, но факт : все небоскрёбы облицованы металлом и стеклом то есть защищают бетонное ядро жёсткости, Эйфелеву башню красят, а Бетон наших сооружений включая Останкинскую Царь-Башню никогда не защищали и не красили!

- В 1950-1980-е годы советские строители, энергетики, монтажники успешно возводили многочисленные железобетонные сооружения во многих странах Мира, например, знаменитые: Бхилайский металлургический завод в Индии, Асуанскую плотину в Египте, АЭС и химический комбинат на Кубе, ТЭЦ «Исфаган» в Иране, ГЭС«Хоабинь» во Вьетнаме, созданные в Китае восемь сотен (!) заводов и комбинатов, плотины в Аргентине, в Боливии, и многие-многие другие построенные в особых условиях жаркого климата.

Библиография

1. Тринкер, Б. Д. „Применение пластифицированного цемента и пластифицирующих добавок к бетону“, Министерство строительства предприятий машиностроения СССР, Москва - Ленинград, Стройиздат, 1952, 64 стр.
2. Тринкер, Б. Д. „Руководство по проектированию и подбору состава гидротехнического и обычного бетона», Министерство строительства РСФСР, Москва, 1957, 54 стр.
3. Тринкер А.Б. «Опыт производства бетонных работ при возведении специальных высотных сооружений в условиях сухого и жаркого климата», журнал «Специальные строительные работы», № 11, 1979, стр. 3 – 9.
4. Тринкер А.Б. «Единая система скоростного бетонирования высотных сооружений», журнал «Бетон и железобетон», № 12, 1983, стр. 20 – 21.
5. CTL Group. "Burj Khalifa, the Tallest Building in the World." Last modified 2011. Accessed Nov. 15, 2011.

Overcoming climatic problems in construction

Alexander Trinker, Dr.Sci.Tech.

Abstract: in 2010 in the UAE the highest building has been built of reinforced concrete in the world, and in 1979 in Kazakhstan domestic builders have constructed the highest construction in Asia, in the same roast, but sharp and continental climate.

Keywords: skyscrapers, all-weather construction, emergency ultraboundary temperature and moist conditions, durability.

© А.Б.Тринкер, 2019