

УДК 624.014

**ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ОСТАНКИНСКОЙ
ТЕЛЕБАШНИ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРИВЕДЕНИЮ ИХ В
РАБОТОСПОСОБНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЛЕ ПОЖАРА В 2000 ГОДУ**

*Директор института д.т.н., проф., Ведяков И.И.,
в.н.с., к.т.н. Фарфель М.И., в.н.с., к.т.н. Гукова М.И.
ОАО «НИЦ «Строительство» ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко*

Общая высота Останкинской телевизионной башни МРЦ равна 540 метров. Это самое высокое свободстоящее сооружение в Европе. Следует отметить, что Останкинская телебашня почти 10 лет являлась самой высокой в мире. По своей общественной значимости, по функционально-технической мощности и оснащенности радиотелевизионным оборудованием, а также рациональному использованию площадей и внутренних объемов сооружения по всей высоте и другим показателям она не имеет себе равных в мире.

Останкинская радиотелевизионная башня состоит из четырех конструктивных частей (рис.1):

- нижней опорной железобетонной части до отметки +63.0м;
- напряженного изнутри стальными канатами железобетонного ствола с отметки +63.0 м до +385.0 м;
- металлического антенного ствола от отметки +374.9 м до + 478.5 м, состоящей из трех царг, представляющих цельносварные цилиндрические оболочки с наружными диаметрами 4м, 3м и 2,6м и толщиной стенок от 30 до 16мм; в местах изменения диаметра ствола сварены конусные стальные элементы;
- трех частей верхних металлических антенн с отметки + 478.5 м до + 540.0 м.

Наружная поверхность антенного ствола башни оцинкована и имеет лакокрасочное покрытие светлого светоотражающего тона, внутренняя поверхность оштукатурена и окрашена особо стойкими красителями.

Металлический антенный ствол башни опирается на железобетонный ствол башни на отм.+374.9 м и +385.0 м (рис.2). На отметке +374.90 м металлическая оболочка прикреплена к закладным деталям железобетонного ствола башни через стальную кольцевую диафрагму толщиной 20мм, укрепленную ребрами жесткости; на отметке +385.0 м – на мощную железобетонную кольцевую консоль высотой ~ 1м. Узлы опирания – сварные: промежуточные монтажные элементы привариваются к металлической оболочке и к закладным деталям в теле железобетонного ствола башни.

Внутри железобетонного ствола телебашни расположены шахты лифтов, металлическая маршевая эвакуационная лестница и шахты, в которых расположены телевизионные кабели (фидеры), передающие сигнал от передатчиков к антеннам.

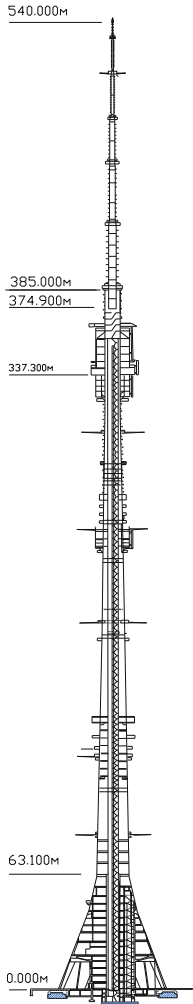


Рис.1. Разрез Останкинской телебашни

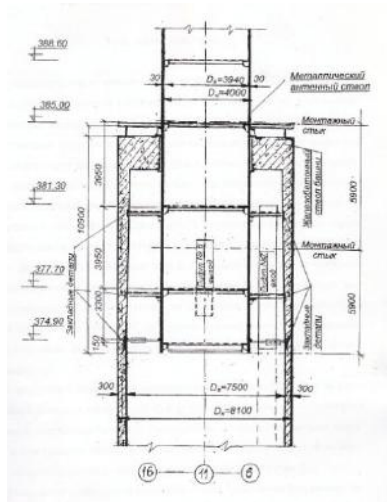


Рис.2. Схема узла опорения металлической антенной части на железобетонную

Пожар на Останкинской телебашне произошел 27-28 августа 2000 г. вследствие замыкания в одном из мощных высокочастотных фидеров на участке антенного ствола между отм.+430.0...+450.0 м (рис. 3, 4). Распространение огня происходило сверху вниз в отличие от традиционных случаев, когда пожар распространяется снизу вверх. Телевизионное вещание было прервано.

29 августа, после того, как пожар удалось потушить на отм. +65.00 м, по Распоряжению Госстроя России для детального обследования основных несущих конструкций Останкинской радиотелевизионной башни, а также для выяснения причин возникновения пожара была создана комиссия, состоящая из руководства Госстроя России, специалистов ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, представителей МЧС и противопожарной службы СЗАО г. Москвы.



Рис.3. Пожар на башне в ночь с 27 на 28 августа 2000 г.



Рис.4. Пожар на башне 27.08.2000 г.

Отчет о проведенном обследовании ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко сдал в Госстрой России уже 30.08.2000 г. За первые три дня были освидетельствованы основные несущие конструкции Останкинской телебашни:

- железобетонный ствол башни;
- стальные канаты, общей длиной 45000 м;
- нижняя часть металлической антенны высотой 35м;
- металлические конструкции лестничных маршей и их ограждения;
- металлические фермы и балки, поддерживающие несущие конструкции лифтов.

В процессе работы сотрудниками ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко было проведено экспериментальное исследование колебаний телевизионной башни

(с целью оценки возможной степени снижения жесткости ствола башни в результате повреждений, вызванных пожаром), а также были выполнены

необходимые расчеты несущей способности опорных балок и вертикальных элементов лифтовых шахт. Кроме того, были исследованы свойства проката

элементов металлоконструкций на участках, находившихся в непосредственной близости от огня.

Прежде всего, было выполнено натурное обследование технического состояния несущего **железобетонного ствола башни** до отметки +385.0 м. Анализ результатов обследования и исследование колебаний показал, что бетон железобетонного ствола башни находился в основном в удовлетворительном состоянии. Силовых трещин в бетоне, связанных с возможным воздействием высокой температуры при пожаре, не установлено.

Виброизмерения показали, что в результате пожара, произошло незначительное уменьшение жесткости железобетонной части ствола башни, выразившееся в снижении частот собственных колебаний по основному тону в направлении север-юг на 2,9% и составила 0,081 Гц, в направлении восток-запад – на 2,5% и составила 0,082 Гц. В 1998 году частоты колебаний в этих направлениях были одинаковыми и составляли 0,084 Гц.

При осмотре **стальных канатов** ствола Останкинской телебашни были обнаружены следующие повреждения:

1. С отметки ~ + 67.0 до + 112.0 м по периметру ствола из находящихся 150 канатов достаточно хорошее натяжение (канат звенит под ударом молотка) имели 28 шт. Остальные 122 каната свободно висели, на многих сверху свисали петли (рис.5).

2. На отметке +169.0 м обнаружены два места: в первом – разрушение канатов, во втором – вверху расплелись концы канатов (см. рис. 5).



на отм. +67м



на отм. +112 м



на отм. +169 м

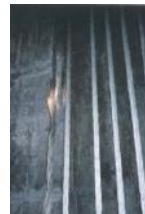


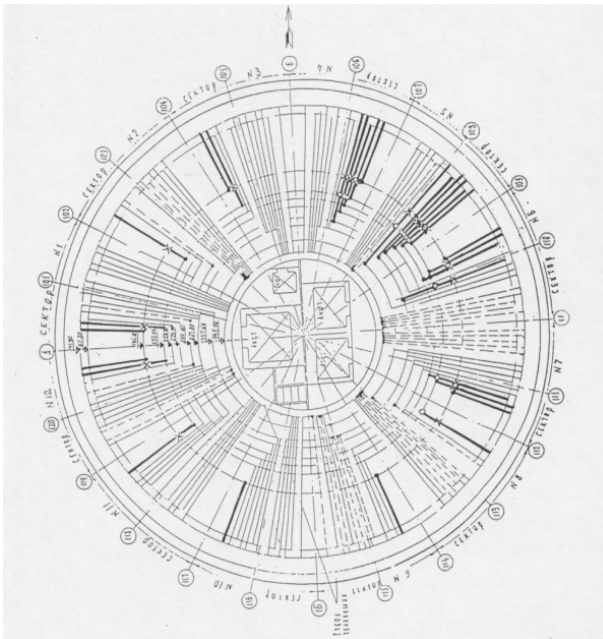
Рис.5. Лопнувшие канаты

Таким образом, до отметки +195.0 м предварительное натяжение осталось приблизительно у 20% канатов. Основная их часть была расположена в северо-восточном секторе периметра ствола.

3. На отметке ~ +340.0 м в стволе лестничной клетки находился расплетенный конец каната, канат в этом месте разрушился.

4. На отметке ~ +370.0 м удалось осмотреть только часть периметра ствола (предположительно с западной стороны). Из 44 сохранившихся канатов прежнего натяжения не было ни в одном (1-2 каната имели хоть какое-то натяжение, остальные свободно висели или свисали петлями). Ряд канатов имели местные разрушения.

Эти данные совпали с данными службы мониторинга Останкинской телебашни о количестве предварительно напряженных канатов, представленными на рис. 6 и в таблице 1.



Жирными линиями выделены канаты, сохранившие предварительное натяжение

Рис.6. Схема вышедших их строя канатов

Осмотр канатов, находящихся внутри ствола башни показал, что около 20% канатов находились в натянутом состоянии и выполняли свою функцию по проекту и 80% канатов, закрепление в анкерных устройствах которых было нарушено: они провисли на фиксаторах, присоединенных к железобетонной оболочке. Приблизительно 10% канатов имели обрыв

проволок, входящих в ее состав (см. рис.5). В канатах, которые находились непосредственно в зоне пожара, защитная смазка практически отсутствовала, а сами они дальнейшей эксплуатации не подлежали.

Таблица 1

Результаты осмотра канатов ствола телебашни

Отметка, м	Количество канатов, шт. (по результатам осмотра)		Количество установленных канатов, шт. (по данным службы мониторинга)	
	Всего	Хорошо натянутые	Всего	Предварительно напряженные
+ 67.0	150	28	149	29
+ 112.0	150	28	149	29
~ + 196.0	141	21	141	21
+ 238.0	123	11	128	11
+ 370.0	44 (часть периметра)	-	60	1

Стальные эвакуационные лестницы, начиная с отметки +63.0м и до отметки +386.0м находились, в целом, в удовлетворительном состоянии. Однако, огнезащитное покрытие металлоконструкций балочных элементов лестниц было разрушено от воздействия высокой температуры при пожаре, начиная с отметки ~ +100.0м.

На всем протяжении цилиндрической **металлической антенной части ствола** телебашни с отметки +374,9 м до 478,5 м, что выше верхней границы пожара (т.е. выше отм. +450 м), в металлических царгах остаточных пластических деформаций или повреждений в виде складок, местных хлопнунов и других подобных искривлений, характерных в случае теплового воздействия при пожарах, обнаружено не было. Цинковое антикоррозионное покрытие царг на всей обследованной высоте металлического ствола сохранилось, что свидетельствовало о нагреве металла до $t \leq 475^{\circ}\text{C}$, т.е до температуры плавления цинка. Проведенный анализ позволил сделать вывод о неравномерном нагреве металлической оболочки до температуры не более 350°C .

Это подтверждено обнаруженными повреждениями наружного и внутреннего слоя лакокрасочного покрытия (растрескивание, вспучивание, местные разрушения, рис. 7,а и б).

В результате имевшего места теплового воздействия при пожаре эксплуатационные свойства (в первую очередь прочность) металла царг не изменились, что подтвердили испытания (химический и спектральный анализ) образцов металла.

Доступ к шпилю на момент освидетельствования башни был крайне затруднен. Поэтому была осмотрена только нижняя часть (с отметки +385.0м до +420.0м) металлического шпиля башни.

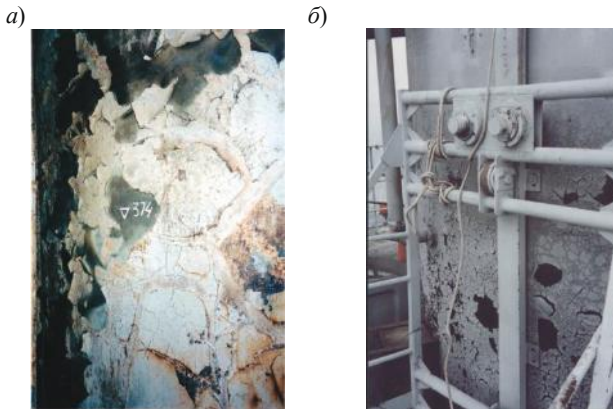


Рис.7. Разрушение защитного лакокрасочного покрытия на поверхности антенного ствола: а) на отм. +374.00 м; б) на отм. +385.00 м

Видимых следов перегрева конструкции шпиля не было обнаружено (рис. 8). Поверхность металлических царг – ровная, без видимых пластических деформаций. Горизонтальные сварные швы были в хорошем состоянии. Огнезащитное и лакокрасочное покрытие нижних металлических царг шпиля также было в удовлетворительном состоянии. Правда, поверхность была закопчена. По результатам визуального осмотра оптическим прибором у конструкций выше отметки +420.0 м изменений формы отмечено не было, что было подтверждено обследованиями, проведенными позже.



Рис.8. Вид на антенный ствол от отм. + 385.0 м

Опорные узлы антенного ствола обеспечивают закрепление стальной цилиндрической оболочки в железобетонном стволе башни в двух уровнях – на отм. +374.90 м и +385.00 м.

На отм. +374.90 м сварные швы крепления элементов стальной диафрагмы по результатам наружного осмотра находились в удовлетворительном состоянии как со стороны примыкания к стальной оболочке, так и со стороны крепления к цилиндрической закладной детали в железобетонном стволе башни. По краю кольцевой закладной детали были обнаружены местные разрушения защитного слоя бетона. Диафрагма в целом повреждений не имела.

На отм. +385.00 м опорный узел ствола не подвергался значительному тепловому воздействию, о чем свидетельствовало сохранившееся лакокрасочное покрытие на верхних опорных элементах, прикрепляющих их сварных швах и на стеклоткани, закрывающей нижние опорные элементы и сварные швы от атмосферных воздействий.

Ограждающие **конструкции кабельных шахт**, как и сами фидеры, имели выраженные признаки повреждений.

Явные признаки значительных огневых воздействий от пожара имело **машинное отделение лифтов** на отметке +364.0 м, что привело к обрыву канатов лифтов №1 и №2.

Стальные **конструкции открытых кольцевых площадок**, до отметки +364.0 м включительно, практически, не подверглись воздействию пожара.

Аппаратные комнаты, находящиеся на отметках от +122.0м до +134.0м и на отметке +243.0 м, и оборудование, расположенное в нем, практически, не пострадало от воздействия огня.

Интерьеры **ресторана «Седьмое небо» и смотровой площадки** имели следы пожара (копоть на окнах, стенах, мебели и т. д.), при этом остекление в целом не разрушилось – только в нем образовались трещины, повреждений несущих и ограждающих конструкций отмечено не было.

В дальнейшем была проведена работа по обследованию металлических **опорных конструкций лифтовой шахты** (ферм, балок и вертикальных подвесок).

Металлическая лифтовая шахта установлена внутри железобетонного ствола телебашни. В ней расположены шахты отдельных лифтов, металлическая пожарная маршевая лестница и коммуникации, в т.ч. радио- и телевизионные кабели (фидеры).

Шахты лифтов, которые представляют собой совокупность вертикальных металлических элементов – подвесок, расположены с отм. +63.1 до отм. +357.8 м. Подвески прикреплены на сварке к поперечным металлическим опорным конструкциям, расположенным первоначально с шагом ~42м (на отм. +111.00 м; +153.00 м; +195.00 м; +237.00 м), а затем с шагом ~21 м (на отм. +258.00 м; +279.00 м; +300.00 м; +321.00 м; +357.80 м).

Металлические опорные конструкции, представляющие собой балки и фермы, опираются на утолщения в железобетонной оболочке. Поперечный разрез башни на отм. +153.00 м приведен на рис. 9.

– в металлических опорных конструкциях лифтовой шахты обнаружено разрушение лакокрасочного покрытия балок в результате теплового воздействия на следующих отметках: +153.00 м; +195.00 м; +237.00 м; +258.00 м

– в ряде балок металлических опорных конструкций на отметках +153.00 м; +195.00 м; +237.00 м обнаружено выпучивание стенок (до 1 см) в результате теплового воздействия (рис. 11).



Рис.11. Разрушение защитного лакокрасочного слоя, выпучивание стенки второстепенной балки на отм. +153.0 м

– установлено, что узлы опирания ферм и балок на железобетонный ствол башни находились в удовлетворительном состоянии.

Позднее, для выполнения проектных, монтажных и ремонтных работ по подготовке к установке скоростных лифтов в 2003 году, была выполнена работа по детальному обследованию металлических конструкций башни лифтовой шахты с отм.-6.8 до +364.0 м.

Вид на лифтовую шахту внутри ствола башни представлен на рис. 12.

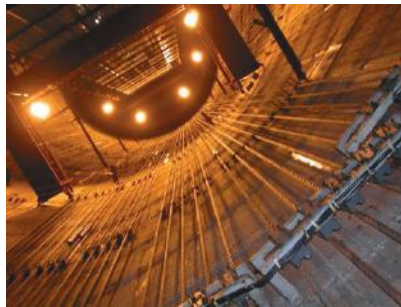


Рис.12. Общий вид внутри ствола башни

В результате проведенного детального обследования обнаружено:

1. В металлических опорных конструкциях лифтовой шахты: в балках стандартных площадок, расположенных на участке от отм. -6.8 до +153.0 м, и у подвесок, начиная с отм. +65.0 м, в результате теплового воздействия обнаружено разрушение лакокрасочного покрытия.

2. В металлических балках и подвесках фидерных шахт стандартных площадок в результате теплового воздействия по всей высоте башни обнаружено выпучивание (иногда волнообразное) стенок с величиной стрелки выпучивания 1-4 (см. рис. 13), а также деформации подвесок от 1 до 10 см (рис. 14).



Рис.13. Отм.+ 80.0 м. Диагональная волнообразная деформация стенки балки фидерной шахты



Рис.14. Деформация вертикальных элементов (подвесок) лифтовой шахты

3. На второстепенных балках опорной площадки +153.00 м от воздействия пожара обнаружены деформации стенок из плоскости балки, в отсеках между вертикальными ребрами.

4. В отдельных горизонтальных балках стандартных площадок шахты лифта №1 и №2 обнаружены деформации (до 2 см) закручивания и локальные вмятины от удара от упавшего лифта и противовесов (рис. 15).



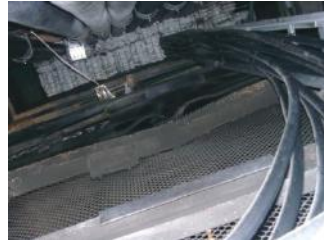
Рис.15. Повреждение балки на отметке -3,000м.

5. Обнаружены отрывы распорок от закладных деталей. Они зафиксированы на отм. +209.0, +216.0 и +230.0 м.

6. Из-за теплового воздействия огня произошло повреждение сварной балки фидерной шахты на отм. +357.2 м, состоящей из трех сваренных друг на друга. В нижнем элементе зафиксирована потеря устойчивости плоской формы изгиба с кручением, в среднем – волнообразный выгиб ($f=60$ мм) стенки из плоскости балки (рис. 16).



Вид сверху



Вид снизу

*Рис.16. Деформация фидерной балки на отм. +357.20 м.
Выпучивание стенки среднего швеллера №30; местное и
общее искривления нижнего швеллера №20*

Стальные перекрытия и площадки для обслуживания инженерно-коммуникационного оборудования расположены по всей высоте ствола телебашни. Их конструкция однотипная – настил из рифленой стали $\delta = 5 \div 6$ мм по стальным прокатным балкам швеллерного сечения.

В результате обследования на отдельных отметках обнаружены участки деформированного настила, значительные вырезы в настиле в местах пропуска теле- и радиокommunikаций, а также повреждения лакокрасочного покрытия. Из-за значительных вырезов и неудовлетворительного опирания в фидерной шахте (иногда по консольной схеме) настил не обладал необходимой жесткостью.

Проведено освидетельствование **металлических конструкций** **прямка лифта** №4, расположенных между отм. -6.8 и -3.55 м; обнаружен ряд дефектов и повреждений, которые появились при монтаже и эксплуатации лифта №4.

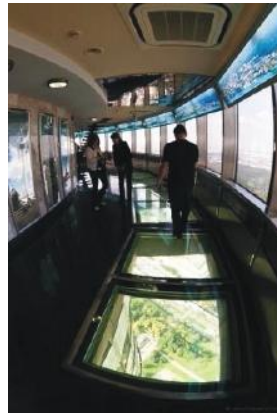
По результатам обследования и проведенных расчетов были предложены меры по устранению повреждений конструкций, возникших в результате пожара и его последствий.

Все предложенные мероприятия по сохранению уникального сооружения – Останкинской радиотелевизионной башни – были выполнены, в 2003-2008 годах. Были восстановлены вышедшие из строя предварительно напряженные канаты, отремонтирована шахта лифта, смонтированы и пущены в эксплуатацию новые скоростные лифты, восстановлен поврежденный защитный слой железобетона, выполнена гидрофобизация железобетонного ствола башни; в 2010 году было возобновлено туристическое обслуживание на смотровой площадке на отм. +337.0м (рис. 17).

Для недопущения возникновения ситуации, приведшей к возникновению пожара, установлены фидеры с негорючей оболочкой, заполненные внутри инертным газом.



Восстановленные канаты



Интерьер смотровой площадки



Рис.17. Останкинская телебашня в настоящее время

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Маслов Н.В., Горпинченко В.М, Ведяков И.И., Одесский П.Д. Стальные конструкции Остнкинской телебашни после пожара: вопросы ремонта и реконструкции [Текст] //Промышленное и гражданское строительство № 10. 2001. М.: Издательство ПГС. С. 7-10.
2. Юрин А.В. Самая высокая телевизионная башня в Европе – М.,1997 г.
3. Никитин Н.В. Останкинская телевизионная башня. – М., «Стройиздат», 1972г.