

О " "

Расчет несущей способности существующей конструкции мачты высотой $h=12,5$ м при модернизации базовой станции ПАО «МТС» №77-3889GDU, расположенной по адресу: МО, г. Истра, Площадь революции, д. 6

Генеральный директор

Главный инженер проекта

г. Санкт-Петербург
2016

Содержание:

	Стр.
Титульный лист.....	1
Содержание.....	2
1. Пояснительная записка.....	3
1.1. Конструктивная схема.....	3
1.2. Состояние конструкций здания.....	3
1.3. Основное устанавливаемое оборудование.....	4
2. Расчетная часть.....	6
2.1. Конечно-элементная модель.....	6
2.2. Расчет нагрузок.....	7
2.2.1. Весовые нагрузки.....	7
2.2.2. Ветровые нагрузки.....	7
2.2.3. Гололедная нагрузка.....	8
3. Расчёт проектируемой металлоконструкции.....	9
3.1. Деформация узлов конструкции.....	11
3.2. Прочность элементов конструкции.....	11
Выводы и указания.....	14
Приложение.....	15

1. Пояснительная записка

В 2015 году было проведено обследование технического состояния башни, расположенной по адресу МО, г. Истра, Площадь революции, д. 6.

Обследование и дальнейший расчёт вызваны необходимостью проверки несущей способности башни на предмет возможной модернизации базовой станции сотовой связи ПАО «МТС» №77-3889GDU.

1.1 Конструктивная схема здания

Башня высотой 12,5м представляет собой пространственную трехгранную конструкцию, состоящую из секций длиной 5м и 2,5м. Геометрическая неизменяемость каркаса обеспечивается пространственной треугольной стержневой решёткой с шарнирными узлами. Башня оборудована подпорками с раскреплением их в двух ярусах. Секции стыкуются между собой через фланцы на болтах. Несущие конструкции изготавливаются из стали круглой калиброванной $\varnothing 30\text{мм}$ и $\varnothing 16\text{мм}$ ГОСТ 7417-75. Пояса изготовлены из стали С245, фасонные элементы изготовлены из стали С345-3.

Заводские сварные швы по ГОСТ 14771-76 и ГОСТ 23518-79. Для всех сварных швов применена сварочная проволока Св-08Г2С ГОСТ 2246-70.

Монтажные соединения – болтовые на болтах М16, М20, М24, М30 класса прочности 8,8 из стали 35Х и 38ХА. Во всех монтажных соединениях устанавливается не менее двух гаек, класс прочности не ниже 8.

1.2. Состояние конструкции

В результате натурного освидетельствования выявлено следующее:

- коррозия элементов башни – есть;
- трещины основного металла и швов – нет;
- изгиб стержневых элементов – нет;
- выпуклости, вмятины, коробление листовых элементов – есть вмятины;

Разрушений и недопустимых деформаций конструкций и узлов их сопряжения, значительно снижающих их несущую способность, не обнаружено.

Задание на выполнение поверочного расчета
металлоконструкций башни высотой h=12,5м
БС ОАО «МТС» №77-3889GDU, расположенной по адресу:
МО, г. Истра, Площадь революции, д. 6

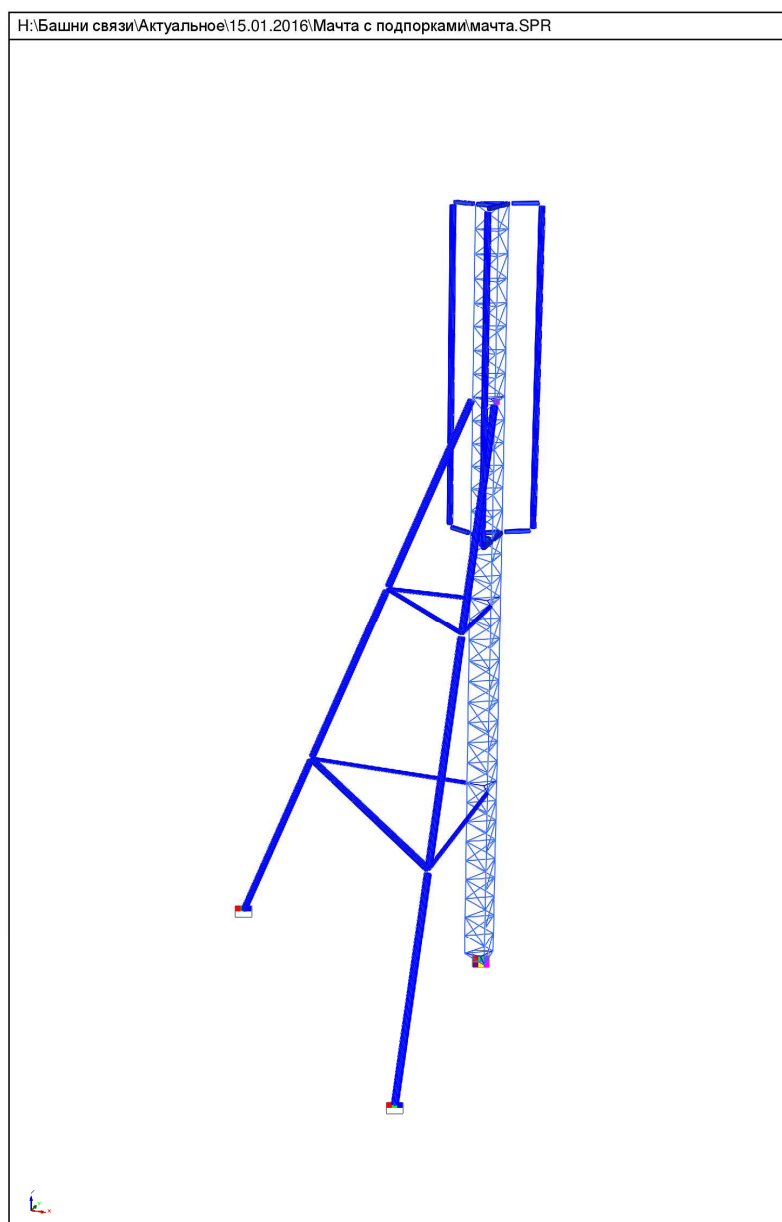
№ п/п	Наименование	Тип оборудования	Азимут, град	Высота подвеса, м	Кол-во, в секторе	Габариты, мм	Вес ед., кг
<u>Оборудование связи ПАО «МТС»</u>							
1.	Антенна секторная	Kathrein 80010691	20/140/260	27,68	1x3	2067x300x152	27
2.	Антенна секторная	Powerwave 7472	80/200/320	25,44	1x3	2080x280x125	20
3.	Радиорелейная антенна		116	28,10	1	Ø600	40
4.	Радиомодуль	FXDA			3	470x490x120	26
5.	Радиомодуль	FXEA			1	470x490x120	26
6.	Радиомодуль	FRGQ			3	486x155x324	17
7.	Радиомодуль	FRNB			3	514x148x326	17
							387кг
	Фидер	Feeder 1/2"			504м		0,22кг/м
	Кабель питания	MCMK 2x16+16			150м		0,8кг/м
	Оптический кабель	FSFC 100м			400м		0,3кг/м
							351кг
							738кг
<u>Проектируемое оборудование связи ПАО «МТС»</u>							
	Радиомодуль	FRMB			3	514x148x326	17
	Фидер	Feeder 1/2"			78м		0,22кг/м
	Кабель управления наклоном	RCEA			60м		0,7кг/м
	Кабель питания	MCMK 2x16+16			45м		0,8кг/м
							146кг
Итого							884

2. Расчётная часть

2.1. Конечно-элементная модель

Для расчета напряженно деформированного состояния (НДС) металлических конструкций башни создана конечно-элементная модель в пакете программ прочностного анализа. геометрические и физические характеристики модели заданы в соответствии с данными обследования башни.

Металлические конструкции моделировались одномерными стержневыми элементами из линейного материала. Ветровая нагрузка и вес антенного оборудования приложены по типу Total Load, а так же приложена гравитация ($9,81 \text{ м/с}^2$), моделирующая собственный вес. Конечно-элементная модель показана на рисунке



2.2. Расчёт нагрузок

В расчёте учтены весовые, гололедные и ветровые нагрузки на башню и оборудование.

2.2.1. Весовые нагрузки

№ п/п	Наименование	Тип оборудования	Азимут, град	Высота подвеса, м	Кол-во, в секторе	Габариты, мм	Вес ед., кг
<u>Оборудование связи ПАО «МТС»</u>							
1.	Антенна секторная	Kathrein 80010691	20/140/260	27,68	1x3	2067x300x152	27
2.	Антенна секторная	Powerwave 7472	80/200/320	25,44	1x3	2080x280x125	20
3.	Радиорелейная антенна		116	28,10	1	Ø600	40
4.	Радиомодуль	FXDA			3	470x490x120	26
5.	Радиомодуль	FXEA			1	470x490x120	26
6.	Радиомодуль	FRGQ			3	486x155x324	17
7.	Радиомодуль	FRNB			3	514x148x326	17
							387кг
	Фидер	Feeder 1/2"			504м		0,22кг/м
	Кабель питания	MCMK 2x16+16			150м		0,8кг/м
	Оптический кабель	FSFC 100м			400м		0,3кг/м
							351кг
							738кг
<u>Проектируемое оборудование связи ПАО «МТС»</u>							
	Радиомодуль	FRMB			3	514x148x326	17
	Фидер	Feeder 1/2"			78м		0,22кг/м
	Кабель управления наклоном	RCEA			60м		0,7кг/м
	Кабель питания	MCMK 2x16+16			45м		0,8кг/м
							146кг
Итого							884

2.2.2. Ветровые нагрузки

В соответствии с СНиП 2.01.07-85 п.6

$w_m = w_0 k c$, $w_0 = 0.3 \frac{m}{m^2}$, k — коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте : для высоты 15м (низ башни) $k=1,2$, для высоты 26,8 (верх башни) $k=1,4$ c_t — аэродинамический коэффициент. $c_t = c_x (1 + \eta) k_1$; $\eta=0,95$; $k_1=0,9$

$$c_x = \frac{1}{A_k} \sum c_{xi} A_i, \quad c_x = \frac{1}{0,65 m^2} (0,057 m^2 * 3 + 0,018 m^2 * 2) = 0.35;$$

$$c_t = 0,35 (1 + 0,95) 0,9 = 0,58; \quad w_m = 0,03 * 1 * 0,58 = 0,018 \frac{m}{m^2},$$

$$w = 0,018 \frac{m}{m^2} * 1,4 = 0,025 \frac{m}{m^2},$$

1,4 – коэффициент надёжности (СНиП 2.01.07-85 п.6.11)

Низ башни $0,5m * 0,025 * 1,2 = 0,015 \text{т/м}$ на весь контур

Верх башни $0,5m * 0,025 * 1,4 = 0,017 \text{т/м}$ на весь контур

2.2.3. Гололедные нагрузки

Гололёд

Пояса $d=30\text{мм}$

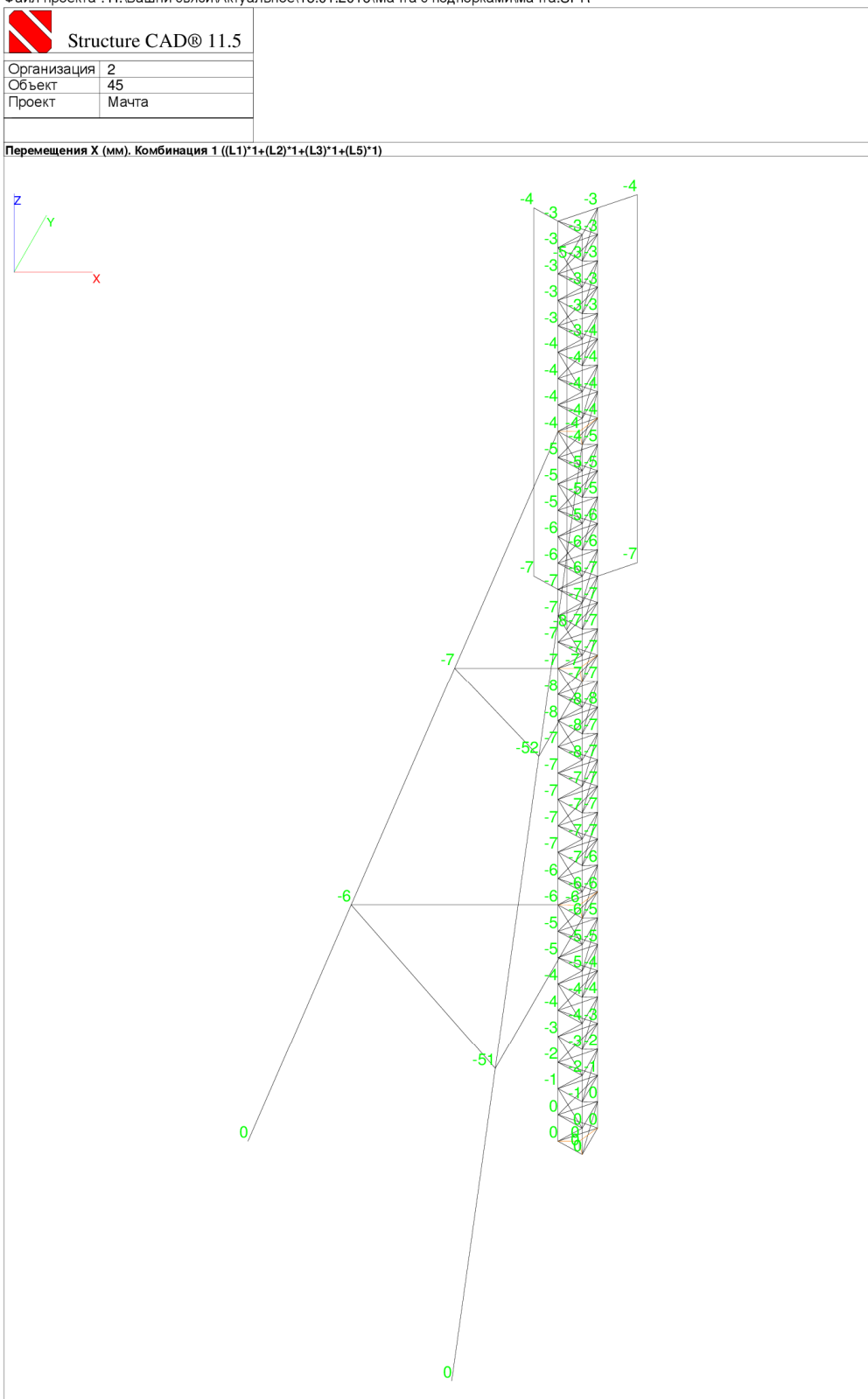
$$i = \pi * 5 * 1.25 * 0.8 * (30 + 5 * 1.25 * 0.8) * 0.9 * 9.81 * 10^{-3} = 9 \text{Н/м} = 0,0009 \text{т/м}$$

Раскосы $d=16\text{мм}$

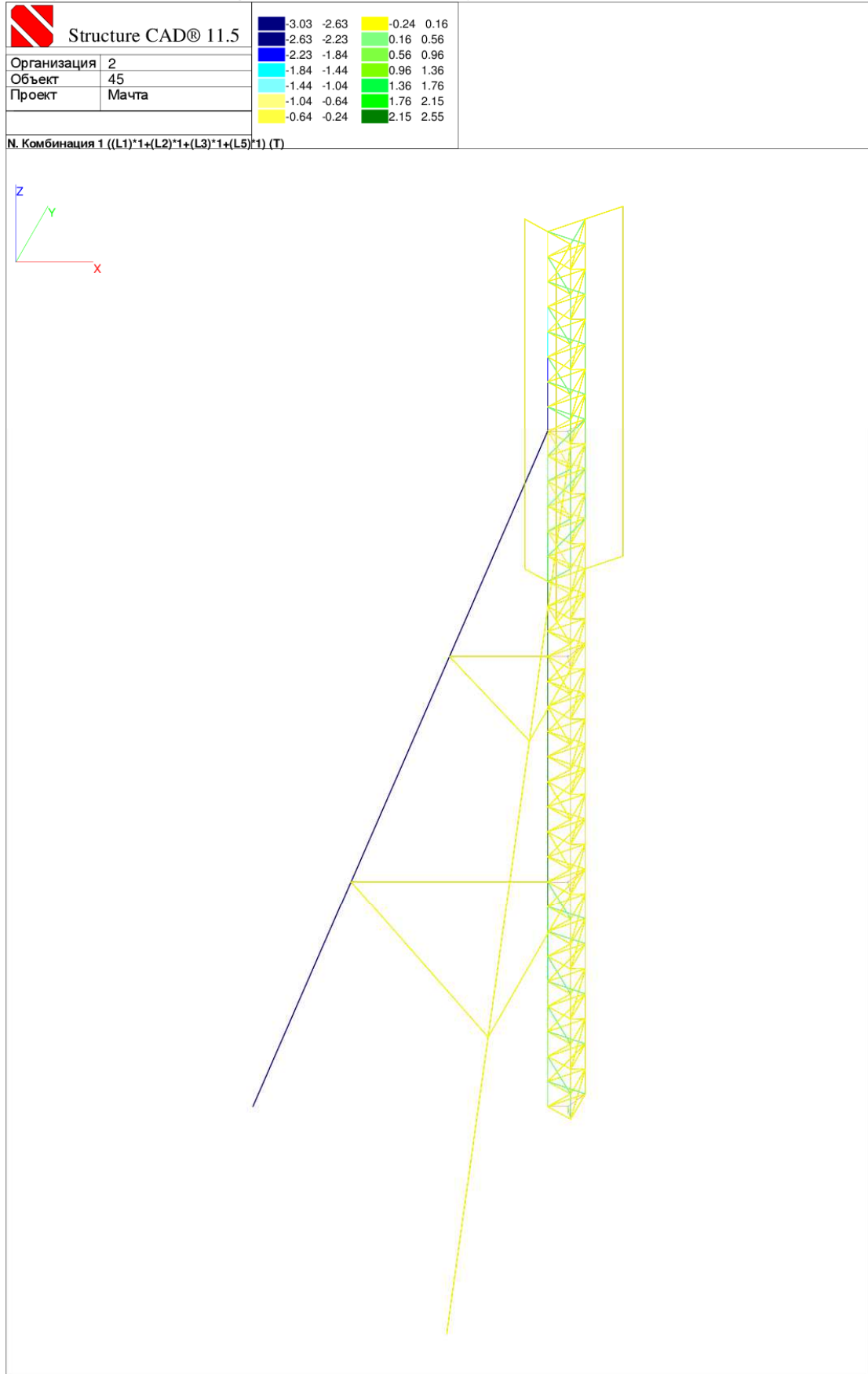
$$i = \pi * 5 * 1.25 * 0.8 * (16 + 5 * 1.25 * 1) * 0.9 * 9.81 * 10^{-3} = 3,4 \text{Н/м} = 0,00034 \text{т/м}$$

3. Расчёт металлоконструкции

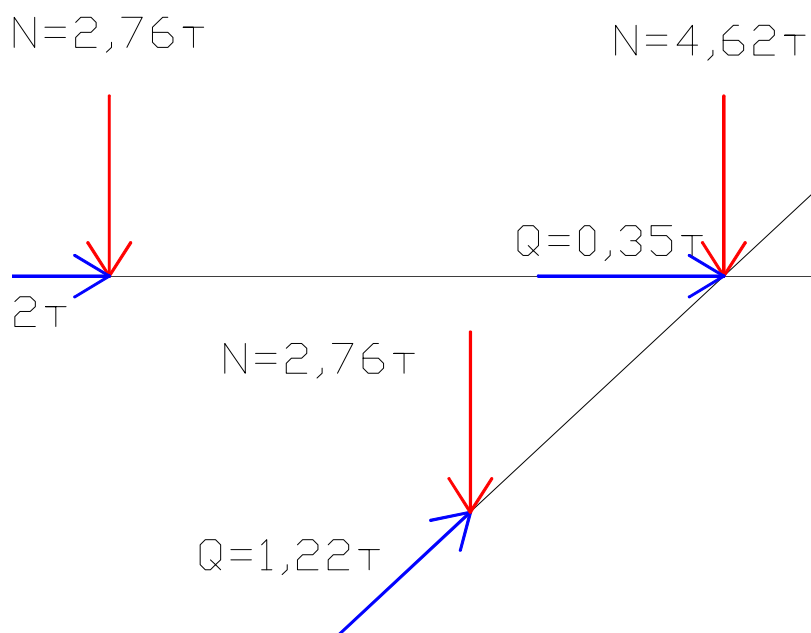
Файл проекта : H:\Башни связи\Актуальное\15.01.2016\Мачта с подпорками\мачта.SPR



Файл проекта : H:\Башни связи\Актуальное\15.01.2016\Мачта с подпорками 77-3889\мачта.SPR



Опорные реакции



3.1. Деформация узлов конструкции

Согласно пункту 16.8 СНиП II-23-81 относительные отклонения башни не должны превышать $H/100$ (H – высота мачты).

$$H/100 = 12500/100 = 125 \text{ мм} > 3 \text{ мм}$$

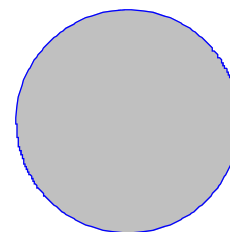
Условие жесткости выполнено

3.2. Прочность элементов конструкции

Проверка элементов стальных конструкций
Расчет по СНиП II-23-81*

Конструктивный элемент пояс

Расчетное сопротивление стали $R_y = 24500.0 \text{ Т/м}^2$
 Коэффициент условий работы -- 1.0
 Предельная гибкость -- 150.0
 Коэффициент расчетной длины в плоскости $X1, Y1$ -- 0.03
 Коэффициент расчетной длины в плоскости $X1, Z1$ -- 0.03
 Длина элемента -- 12.5 м



Сечение

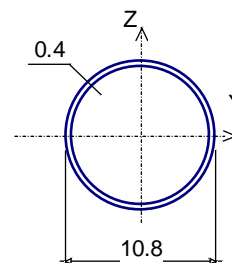
Произвольное сечение
 Н:ашни
 связиктуальное5.01.2016ачт
 а с подпоркамииояс 30.sec

Проверено по СНиП	Результаты расчета Фактор	Коэффициенты использования :
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента M_y	0.09
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента M_z	0.13
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы Q_y	0
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы Q_z	0
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов	0.19
п.5.3	устойчивость при сжатии в плоскости X_1,O,Y_1 (X_1,O,U_1)	0.05
п.5.3	устойчивость при сжатии в плоскости X_1,O,Z_1 (X_1,O,V_1)	0.05
п.5.27	устойчивость в плоскости действия момента M_z при внецентренном сжатии	0.06
п. 5.34	устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0.21
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости X_1,O,Y_1	0.33
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости X_1,O,Z_1	0.33

Коэффициент использования 0.33 - предельная гибкость в плоскости X_1,O,Y_1

Конструктивный элемент подпорка

Расчетное сопротивление стали $R_y = 24500.0 \text{ Т/м}^2$
 Коэффициент условий работы -- 1.0
 Предельная гибкость -- 150.0
 Коэффициент расчетной длины в плоскости X_1,Y_1 -- 0.3
 Коэффициент расчетной длины в плоскости X_1,Z_1 -- 0.3
 Длина элемента -- 10.52 м



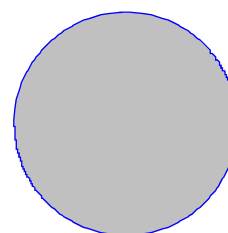
Сечение
Трубы по ГОСТ 10704-91 (сокращенные) D108x4

Проверено по СНиП	Результаты расчета Фактор	Коэффициенты использования :
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента M_y	0.03
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента M_z	0.23
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы Q_y	0
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы Q_z	0
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики	0.32
п.5.3	устойчивость при сжатии в плоскости X_1,O,Y_1 (X_1,O,U_1)	0.15
п.5.3	устойчивость при сжатии в плоскости X_1,O,Z_1 (X_1,O,V_1)	0.15
п.5.27	устойчивость в плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	0
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости X_1,O,Y_1	0.57
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости X_1,O,Z_1	0.57

Коэффициент использования 0.57 - предельная гибкость в плоскости X_1,O,Y_1

Группа раскос. Элемент №316

Расчетное сопротивление стали $R_y = 24500.0 \text{ Т/м}^2$
 Коэффициент условий работы -- 1.0
 Предельная гибкость -- 180.0
 Коэффициент расчетной длины в плоскости X_1,Y_1 -- 1.0
 Коэффициент расчетной длины в плоскости X_1,Z_1 -- 1.0
 Длина элемента -- 0.61 м



Сечение

Произвольное сечение
 Н:ашни
 связиктуальное5.01.2016ачт
 а с подпоркамиаспорка
 16.sec

Проверено по СНиП	Результаты расчета Фактор	Коэффициенты использования :
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента Mz	0
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы Qy	0
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов	0.06
п.5.3	устойчивость при сжатии в плоскости X1,O,Y1 (X1,O,U1)	0.01
п.5.3	устойчивость при сжатии в плоскости X1,O,Z1 (X1,O,V1)	0.01
п.5.27	устойчивость в плоскости действия момента Mz при внецентренном сжатии	0.02
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости X1,O,Y1	0.85
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости X1,O,Z1	0.85

Коэффициент использования 0.85 - предельная гибкость в плоскости X1,O,Y1

**Проверка элементов стальных конструкций
 Расчет по СНиП II-23-81***

Конструктивный элемент ствол

Расчетное сопротивление стали $R_y = 24500.0 \text{ Т/м}^2$
 Коэффициент условий работы -- 1.0
 Предельная гибкость -- 120.0
 Коэффициент расчетной длины в плоскости X1,Y1 -- 0.25
 Коэффициент расчетной длины в плоскости X1,Z1 -- 0.25
 Длина элемента -- 12.5 м

Сечение

Произвольное сечение
 Н:ашни
 связиктуальное5.01.2016ачт
 а с
 подпоркамидинаяело.sec

Проверено по СНиП	Результаты расчета Фактор	Коэффициенты использования :
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента My	0.15
п.5.12	прочность при действии изгибающего момента Mz	0.01
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы Qy	0
пп.5.12,5.18	прочность при действии поперечной силы Qz	0.02
пп.5.24,5.25	прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов	0.18
п.5.3	устойчивость при сжатии в плоскости X1,O,Y1 (X1,O,U1)	0.03
п.5.3	устойчивость при сжатии в плоскости X1,O,Z1 (X1,O,V1)	0.03
п.5.34	устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	0.04
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости X1,O,Y1	0.13
пп.6.15,6.16	предельная гибкость в плоскости X1,O,Z1	0.13

Коэффициент использования 0.18 - прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов

Выводы и указания

1. Оборудование базовой станции ПАО «МТС» №77-3889GDU устанавливается на существующую башню, расположенную по адресу:

МО, г. Истра, Площадь революции, д. 6

Принято, что:

- башня работает пространственная стержневая конструкция;
- учитываются собственные весовые нагрузки, ветровые нагрузки;

2. Расчёт несущей способности сооружения производился:

- по устойчивости башни от действия ветра;
- по прочности элементов башни;

3. Результаты расчёта показали (максимальный случай нагружения):

- отклонения башни 3мм не превышают 125мм
- несущая способность башни использована на 33%

На основании проведенного проверочного расчёта делаем вывод:

Размещение проектируемого антенного оборудования ПАО «МТС» №77-3889GDU на существующую башню разрешено.

Установка проектируемого оборудования, с учетом существующего, возможна без усиления конструкции.

4. Требования к проведению монтажных работ

Все работы должны проводиться квалифицированными рабочими под непосредственным контролем технического персонала, ответственного за качество работ, при строгом соблюдении строительных норм и правил по технике безопасности, согласно СНиП 12-03-2001, 12-04-2002.

В случае, если при производстве работ, обнаружатся какие либо скрытые нарушения и дефекты, то потребуется дополнительно уточнить состояние этих участков конструкции и принять решение по их устранению.

Приложение

