

Petrov, Dm. V. (Ingenieur)

Wasserausgleichsturm aus Eisen mit einem Fassungsvermögen von 33.350 Eimer¹ und wasserundurchlässigem Grundlauf der städtischen Wasserversorgung von Tjumen'

Deutsche Vollübersetzung aus:

Petrov, Dm. V.: Železnye vodonapornye bašni. Ich naznačenie, konstrukcii i rasčety. Nikolaev: L. i I. Belolipskie, 1911, S. 68 – 80.

Russ.: Железная уравнильная башня с резервуаром полезной емкости на 33350 ведер воды и с водонепроницаемой фундаментной галлереей
Železnaja uravnitel'naja bašnja s rezervuarom poleznoj emkosti na 33350 veder vody i s vodonepronicaemoj fundamentnoj galereej

Der hier behandelte Turm (Abb. folgende Seite) wurde 1908 für die städtische Wasserversorgung von Tjumen'² geplant.

Dem Projekt zugrunde lag das in jeder Hinsicht hyperbolische Netz des Turmgerüsts nach dem System des Ingenieurs V. G. Šuchov.

Der Turm wurde folgendermaßen berechnet.

Fassungsvermögen des Behälters nach Prof. Intze:

$$V = (V_1 + V_2 + V_3) - V_0 + V_4 + (V_5 - V_g).$$

a) Oberer Kegel:

$$V_1 = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h (R^2 + Rr + r^2) = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 3 (17 \cdot 17 + 17 \cdot 9 + 9 \cdot 9) = 1642,22 \text{ Kub.Fuß}^3$$

b) Zylindrischer Teil des Behälters:

$$V_2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} h = \frac{3,14 \cdot 34 \cdot 34}{4} \cdot 10,5 = 9528,33 \text{ Kub.Fuß}$$

¹ Altes russ. Hohlmaß: 1 Eimer \approx 12,3 l, Fassungsvermögen in diesem Fall somit \sim 410.000 l – Anm.d.Übers.

² Hauptstadt des gleichnamigen russ. Bezirks in Westsibirien, etwa 1 700 km Luftlinie von Moskau entfernt – Anm.d.Übers.

³ 1 russ. Fuß = 30,48 cm – Anm.d.Übers.

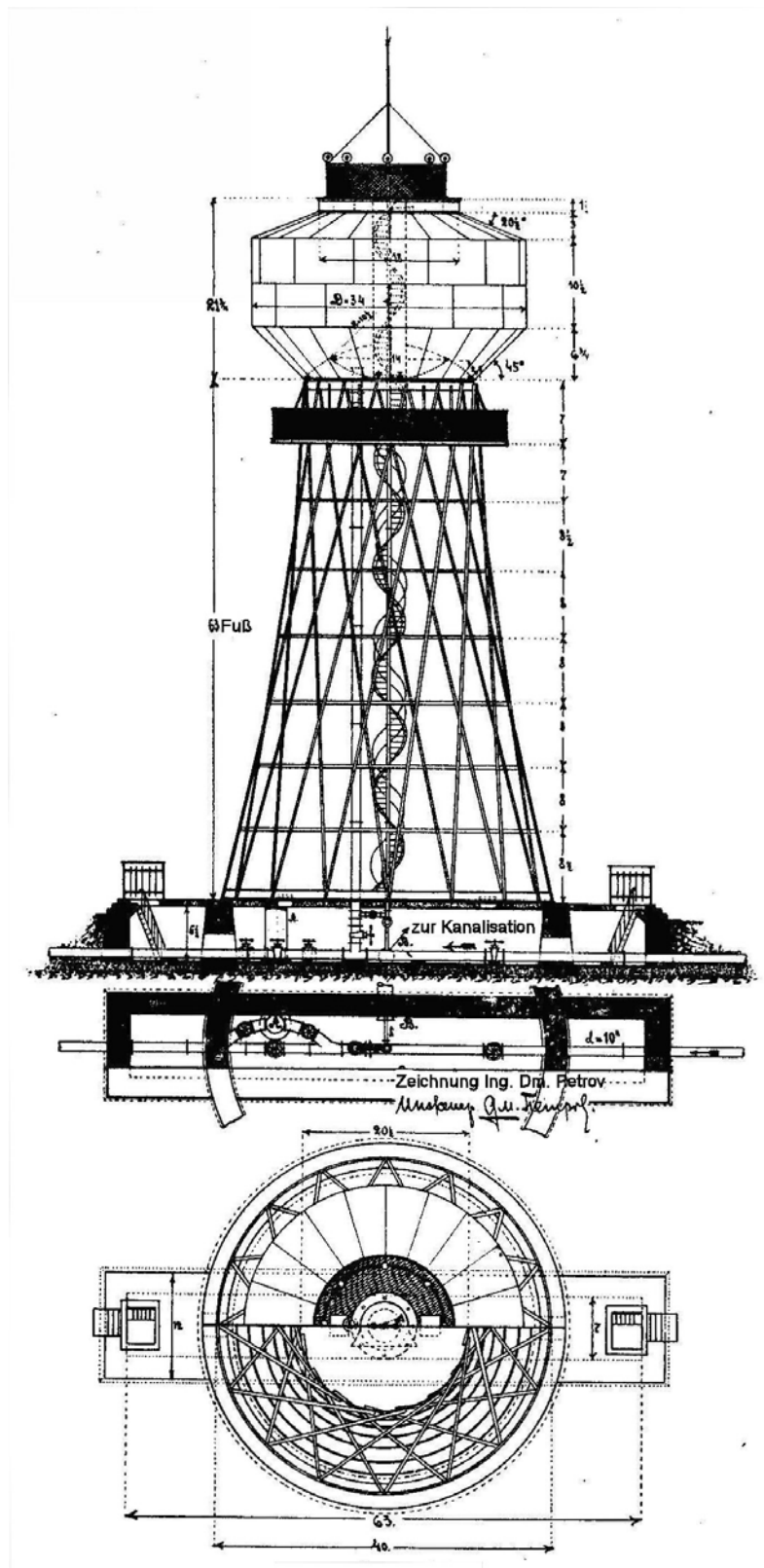


Abb. (1/320 der natürl. Größe)

Wasserausgleichsturm aus Eisen mit einem Gerüst nach V. G. Šuchov
 und einem Behälter von 33350 Eimer Fassungsvermögen
 (Zeichnung von Ing. D. V. Petrov)

c) Unterer Kegel mit $6,75 - 2,70 = 4,05$ Fuß Höhe:

$$V_3 = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (R^2 + R \cdot r + r^2) =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 4,05 \cdot (17 \cdot 17 + 17 \cdot 12,95 + 12,95 \cdot 12,95) = 2869,17 \text{ Kub.Fuß}$$

d) Innendurchlaß im Behälter mit $d = 3,5$ Fuß und $h = 17,55$ Fuß:

$$V_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h = \frac{3,14 \cdot 3,5 \cdot 3,5}{4} \cdot 17,55 = 168,76 \text{ Kub.Fuß}$$

e) Unterer Teil des unteren Behälterkegels:

$$V_4 = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (R^2 + R \cdot r + r^2) - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (r^2 + r \cdot r_1 + r_1^2) =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (R^2 + R \cdot r - r \cdot r_1 + r^2) - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (r^2 + r \cdot r_1 + r_1^2) =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 2,7 \cdot (12,95 \cdot 12,95 + 12,95 \cdot 10,25 - 10,25 \cdot 7,55 - 7,55 \cdot 7,55) = 469,25 \text{ Kub.Fuß}$$

f) Gewölbter Behälterboden:

$$V_5 = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h^2 \cdot (3 \cdot R - h) = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 2,7 \cdot 2,7 \cdot (3 \cdot 10,25 - 2,7) = 219,75 \text{ Kub.Fuß}$$

g) Innendurchlaß, $d = 3,5$ Fuß und $h = 2,7$ Fuß:

$$V_6 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h = \frac{3,14 \cdot 3,5 \cdot 3,5}{4} \cdot 2,7 = 25,96 \text{ Kub.Fuß}$$

$$V = (1642,22 + 9528,33 + 2869,17) - 168,76 + 469,25 + (219,75 - 25,96) = 14524 \text{ Kub.Fuß} =$$

$$= 33405 \text{ Eimer.}$$

Da sich die Rohröffnung einen Fuß über dem tiefsten Behälterpunkt befindet, beträgt sein Nutzraum 14500 Kub.Fuß bzw. 33350 Eimer.

Die Wanddicke des Behälters wurde berechnet, wobei der Koeffizient für die durch die Nieten hervorgerufene Schwächung mit 0,76 und die tatsächliche Spannung der Bleche mit 300 Pud¹ auf einen Qu.Zoll bzw. mit 760 kg pro Qu.cm berücksichtigt wurden.

a) Oberer Behälterteil und ein Kranz des zylindrischen Abschnitts:

$$\delta = \frac{R \cdot h \cdot \Delta}{\kappa \cdot 12} + \delta_1 = \frac{17 \left(\frac{10,5}{2} + 3 - 1 \right) \cdot 1,728}{300 \cdot 12} + 0,025 = 0,059 + 0,025 = 0,084 \text{ Zoll} = \infty 2 \text{ mm}$$

b) Unterer Kranz des zylindrischen Behälterabschnitts:

¹ Altes russ. Längenmaß: 1 Pud = 16,38 kg – Anm.d.Übers.

$$\delta = \frac{17(10,5 + 3 - 1) \cdot 1,728}{300 \cdot 12} + 0,025 = 0,128 = 0,128 \text{ Zoll} = \infty 3 \text{ mm}$$

b) *Unterer Behälterkegel:*

$$\delta = \frac{10,25 \cdot 1,42 \cdot (3 + 10,5 + 6,75) \cdot 1,728}{300 \cdot 12} + 0,025 = 0,166 \text{ Zoll} = \infty 4 \text{ mm}$$

Für die Wand des inneren Behälterkegels wird ebenfalls 4 mm angenommen.

a) *Gewölbter Behälterboden:*

$$\delta = \frac{R \cdot h \cdot \Delta}{2 \cdot \kappa \cdot 12} + \delta_1 = \frac{1}{300 \cdot 12} 5,25 \cdot (3 + 10,5 + 6,75) \cdot 1,728 + 0,025 = 0,076 \text{ Zoll} = 2 \text{ mm}$$

Für die Bodendicke nehmen wir 3 mm an; für die Bleche des Durchlasses nehmen wir eine Dicke von zwei mm an im oberen Teil und von 3 mm im unteren.

Die Seiteninnenflächen der Kegel besitzen 50 x 50 x 7 mm Versteifungswinkeleisen.

Das Gewicht des Behälters, einschließlich Podest, Blitzableiter, Klappleiter innerhalb des Behälters und innerer Wendeltreppe über die gesamte Behälterhöhe sowie der 50 x 50 x 7 mm Versteifungswinkeleisen beträgt ∞ 800 Pud.

Das Turmgerüst ist ein Rotationshyperboloid, dessen Oberfläche aus 32 zur Waagrechten schrägen Rippen oder Stützen besteht, die zu den waagrechten Ringen des Hyperboloids Tangenten darstellen (Abb. S. 2). Die Stützen des Gerüsts bestehen unten aus 110 x 110 x 12 mm Winkeleisen¹ (bis zum 4. Ring) und oben aus 100 x 100 x 12 mm Winkeleisen. Die waagrechten Ringe sind:

1. Ring	80 x 80 x 10 mm
2.	75 x 75 x 10 mm
3. und 4.	65 x 65 x 10 mm
5.	55 x 55 x 10 mm
6.	50 x 50 x 10 mm
7. (des Podests)	80 x 80 x 10 mm.

Alle Maße wurden aufgrund technischer Berechnungen ermittelt, die wir hier kurz wiedergeben.

¹ Alle Turmgerüste nach V. G. Šuchovs System werden in der Fabrik von A. V. Bari, Moskau aus Winkeleisen gefertigt. Bei der Planung dieses Turmes wurde der Versuch unternommen, die Gerüste aus Eisenrohren zu montieren, um damit das Gebäude noch leichter werden zu lassen. Aber der Versuch mißlang wegen der aufwändigen Verbindungen der Röhrenstützen an den Kreuzungsstellen und wegen der wesentlichen langwierigeren Montage als beim Zusammenbau der Turmgerüste aus Winkeleisen. Ein Einsatz der relativ preiswerten original schweizer Verbindungen der Marke +gf+ (siehe Katalog von 1908 der Eisen- und Stahlfabriken „George Fischer“ AG, Schaffhausen) für die Verbindungen der Gerüstteile erwies sich hinsichtlich Montage schwieriger und als nicht konstruktiv, da bei einem dichten Zusammenschluß eines jeden Gerüstbogens in manchen Querschnitten andere Verbindungen hätten eingesetzt werden müssen als die schweizer. Die Bögen nur mittels der schweizer Verbindungen zu schließen, erwies sich als fast unmöglich.

Die Resultierende des Winddrucks¹ auf die Seitenfläche des Behälters ist unter Bedingung, daß die Druckkraft auf 1 Qu.m gleich 180 kg sei:

$$P = \frac{2}{3} \cdot 541,34 = 360,8 \text{ Pud bzw. } 5910 \text{ kg.}$$

Der Abstand des Angriffszentrums dieser Resultierenden von der durch den tiefsten Punkt des Behälters verlaufenden Achse ist:

$$h = 10,8 \text{ Fuß} = 3,3 \text{ m.}$$

Den Winddruck auf das Gerüst unterteilen wir in zwei Gruppen:

1. Gruppe – Winddruck auf \perp 100 x 100 x 12 mm
2. Gruppe – Winddruck auf \perp 110 x 110 x 12 mm.

Bei Windbelastung sind die Querschnitte der Beine des Turmgerüsts einem Bruchmoment ausgesetzt, dessen Größe mit Gleichungen aus der Baumechanik bestimmt wird, im Falle einer gemischten Last, wenn der Balken an einem Ende befestigt ist und am anderen Ende eine Last anliegt und außerdem auf seine gesamte Länge eine gleichmäßig verteilte Last einwirkt, dann wird das größte Moment der äußeren Kräfte ausgedrückt durch die Gleichung:

$$M_{-\max} = P \cdot l_0 + p \cdot l \frac{l}{2}$$

oder in unserem Fall

$$M_{-\max} = P \cdot (h + x) + p \cdot \frac{x^2}{2}$$

mit $P = 5.910 \text{ kg}$

$h = 3,3 \text{ m}$ und

$x =$ Abstand zwischen dem untersuchten Querschnitt vom tiefsten Behälterpunkt; in unserem Fall (siehe Abb. S. 2) gilt

für den 1. Querschnitt:	$x_1 = 7 \text{ Fuß}$	$= 2,134 \text{ m}$
für den 2.:	$x_2 = 14 \text{ Fuß}$	$= 4,268 \text{ m}$
für den 3.:	$x_3 = 22,5 \text{ Fuß}$	$= 6,860 \text{ m}$
für den 4.:	$x_4 = 30,5 \text{ Fuß}$	$= 9,30 \text{ m}$
für den 5.:	$x_5 = 38,5 \text{ Fuß}$	$= 11,74 \text{ m}$
für den 6.:	$x_6 = 46,5 \text{ Fuß}$	$= 14,18 \text{ m}$
für den 7.:	$x_7 = 54,5 \text{ Fuß}$	$= 16,62 \text{ m}$
für den 8.:	$x_8 = 63 \text{ Fuß}$	$= 19,20 \text{ m}$

Was die Windbelastung p betrifft, so ist sie für jeden Höhenmeter des Turmgerüsts vom Behälterboden bis zum vierten waagrechten Ring bei 100 x 100 x 12 mm Winkeleisen gleich

$$p = 0,100 \cdot 32 \cdot 1 = 576 \text{ kg,}$$

und bei 110 x 110 x 12 mm Winkeleisen:

$$p = 0,110 \cdot 32 \cdot 1 = 634 \text{ kg.}$$

¹ Zur Berechnungsmethode siehe vorhergehendes Kapitel „Železnaja vodonapornaja bašnja s rezervuarom poleznoj emkosti na 22.865 ved. vody s vodonepronicajemoj fundamentnoj kameroj“ <Wasserturm aus Eisen mit einem Fassungsvermögen von 22.865 Eimer und wasserundurchlässigem Grundlauf; russ.>, ebenfalls für die städt. Wasserversorgung Tjumen'; in: Petrov, Dm. V.: Železnye vodonapornye bašni. Ich naznačenie, konstrukcii i rasčety. Nikolaev: L. i I. Belolipskie, 1911, S. 63 – 68.

Wir nehmen diese Angaben zur Berechnung der entsprechenden Querschnitte des Turmgerüsts und erhalten abgerundet folgende größten Momente:

$$\text{für den 1. Querschnitt: } M_1 = 5910 \cdot (3,3 + 2,134) + \frac{1}{2} \cdot 576 \cdot 2,134^2 = 33425 \text{ kg/m}$$

$$\text{für den 2.: } M_2 = 5910 \cdot (5,434 + 2,134) + \frac{1}{2} \cdot 576 \cdot 4,268^2 = 49972 \text{ kg/m}$$

$$\text{für den 3.: } M_3 = 5910 \cdot (7,568 + 2,592) + \frac{1}{2} \cdot 576 \cdot 6,86^2 = 73599 \text{ kg/m}$$

$$\text{für den 4.: } M_4 = 5910 \cdot (10,16 + 2,44) + \frac{1}{2} \cdot 576 \cdot 9,3^2 = 99375 \text{ kg/m}$$

Da der fünfte Querschnitt Turmstützen mit anderen Maßen enthält, führen wir die Berechnung zwar mit der gleichen Formel durch, nehmen aber die Resultierende des Winddrucks der ersten vier Gerüstquerschnitte gleich

$$P_1 = p \cdot x_4 = 576 \cdot 9,3 = \infty 5356 \text{ kg}$$

an und den Abstand des Angriffspunkt dieser Kraft P bis zum vierten Querschnitt mit

$$b = \frac{1}{2} \cdot x_4 = 4,65 \text{ m.}$$

Die weitere Berechnung der Momente sieht folglich so aus:

$$\begin{aligned} \text{für den 5. Querschnitt: } M_5 &= 5910 \cdot 15,04 + 5356 \cdot (4,65 + 2,44) + \frac{1}{2} \cdot 634 \cdot 2,44^2 = \\ &= 128748 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{für den 6. Querschnitt: } M_6 = 5910 \cdot 17,48 + 5356 \cdot 9,53 + 317 \cdot 4,88 \cdot 4,88 = 161898 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{für den 7. Querschnitt: } M_7 &= 5910 \cdot 19,92 + 5356 \cdot 11,97 + 317 \cdot 7,32 \cdot 7,32 = \\ &= 198824 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{für den 8. Querschnitt: } M_8 = 5910 \cdot 22,5 + 5356 \cdot 14,55 + 317 \cdot 9,9 \cdot 9,9 = 241974 \text{ kg/m}$$

Nach der Biegefestigkeitsbedingung ist das Bruchmoment gleich dem Widerstandsmoment, multipliziert mit dem Wert der zulässigen Werkstoffspannung pro Flächeneinheit, d.h.

$$M = W \quad R = n \cdot \omega \cdot r \quad R,$$

mit ω für die Fläche des Querschnitts der Stütze im untersuchten Querschnitt,

$2n = 32$, d.h. der Anzahl der Turmgerüststützen und

r dem Kreisradius, über den die Stützen im untersuchten Turmquerschnitt verteilt sind.

Die Kraft in jedem Winkeleisen der Stütze ist:

$$t = \omega \cdot R = \frac{M}{n \cdot r}.$$

Nach dieser Gleichung finden wir die Kräfte in allen untersuchten Querschnitten, nämlich:

$$\text{für den 1. Querschnitt: } t = \frac{33425}{16 \cdot 3,04} = 687 \text{ kg; mit } r = 10 \text{ Fuß} = 3,04 \text{ m}$$

für den 2.:	$t = \frac{49972}{16 \cdot 3,34} = 935 \text{ kg}; \text{ mit } r = 11 \text{ Fuß} = 3,34 \text{ m}$
für den 3.:	$t = \frac{73599}{16 \cdot 3,65} = 1260 \text{ kg}; \text{ mit } r = 12 \text{ Fuß} = 3,65 \text{ m}$
für den 4.:	$t = \frac{99375}{16 \cdot 3,95} = 1572 \text{ kg}; \text{ mit } r = 13 \text{ Fuß} = 3,95 \text{ m}$
für den 5.:	$t = \frac{128748}{16 \cdot 4,44} = 1860 \text{ kg}; \text{ mit } r = 14,25 \text{ Fuß} = 4,33 \text{ m}$
für den 6.:	$t = \frac{161898}{16 \cdot 4,86} = 2082 \text{ kg}; \text{ mit } r = 16 \text{ Fuß} = 4,86 \text{ m}$
für den 7.:	$t = \frac{198824}{16 \cdot 5,32} = 2335 \text{ kg}; \text{ mit } r = 17,5 \text{ Fuß} = 5,32 \text{ m}$
für den 8.:	$t = \frac{241974}{16 \cdot 6,08} = 2487 \text{ kg}; \text{ mit } r = 20 \text{ Fuß} = 6,08 \text{ m}.$

Zur Ermittlung der gemeinsamen größten Kräfte für alle Querschnitte der Turmgerüststützen muß man den ermittelten Windbelastungskräften noch die Kräfte aus dem Eigengewicht der Gesamtanlage hinzufügen, einschließlich des Gesamtgewichts des Wassers im Behälter.

Das Wassergewicht ist:

$$Q = 12,29 \cdot 33405 = 410548 \text{ kg}.$$

Das Gesamtgewicht des Behälters ist:

$$b_0 = \infty 12800 \text{ kg}.$$

Diese Last $Q + b_0$, gestützt von 32 Stützen, wird dann folglich für jede der Stützen zu

$$b_1 = \frac{1}{32}(Q + b_0) = \infty 13230 \text{ kg}.$$

Das Gewicht von Turmgerüst, Podest, Leiter, Balkon, Hallenbau¹ und umlaufendem Horizontalring (Auflagerungen des Behälters) kann man mit $\infty 26000 \text{ kg}$ annehmen, was einen Druck $b_2 = \frac{26000}{32 \cdot 19,2} = 42,3 \text{ kg}$. auf jedes Winkeleisen des Gerüsts auf einen Meter Turmhöhe ergibt.

Somit beträgt die größte Gesamtdruckkraft des Winkeleisens eines Turmgerüsts mit x Meter Höhe:

$$P_{\max} = t + b_1 + b_2x.$$

Wir setzen in diese Gleichung die entsprechenden Werte ein und erhalten die größte Gesamtkraft in jedem untersuchten Querschnitt. So gilt

für den 1. Querschnitt: $P_{\max} = 687 + 13230 + 42,3 \cdot 2,134 = 14007 \text{ kg}$

¹ Die Halle zur Abdeckung des Turmbehälters ist in der Abb. nicht dargestellt, da die künftigen Quellen der Wasserversorgung von Tjumen' (Fluß, Grundwasser oder gemischt) unbekannt sind.

für den 2.:	$P_{\max} = 935 + 13230 + 42,3 \cdot 4,268 = 14345 \text{ kg}$
für den 3.:	$P_{\max} = 1260 + 13230 + 42,3 \cdot 6,86 = 14780 \text{ kg}$
für den 4.:	$P_{\max} = 1572 + 13230 + 42,3 \cdot 9,3 = 15195 \text{ kg}$
für den 5.:	$P_{\max} = 1860 + 13230 + 42,3 \cdot 11,74 = 14780 \text{ kg}$
für den 6.:	$P_{\max} = 2082 + 13230 + 42,3 \cdot 14,18 = 15912 \text{ kg}$
für den 7.:	$P_{\max} = 2335 + 13230 + 42,3 \cdot 16,62 = 16268 \text{ kg}$
für den 8.:	$P_{\max} = 2487 + 13230 + 42,3 \cdot 19,2 = 16529 \text{ kg}$

Wir kennen die Maximalkräfte in den Stützen und können nun diese auf ihre Längsdurchbiegung überprüfen, indem wir die freie Länge nehmen, die gleich dem senkrechten Abstand zwischen den waagrechten Gerüstringen ist.

a) Bei den oberen Winkeleisen:

$$\text{Koeffizient } \varphi = \frac{1}{1 + 0,00008 l_2 \cdot \frac{\omega}{I}} = 0,63.$$

$$\text{Hier ist } I_{\max} = 8,5 \text{ Fuß} = 258 \text{ cm},$$

$$\omega = 22,7 \text{ Qu.cm.}$$

$I = 207 \text{ cm}^4$ (Trägheitsmoment des Querschnitts bezüglich der Achse, die durch den Schwerpunkt des Winkeleisens parallel zu seinem Flansch verläuft, weil nur in dieser Richtung infolge Verbindung von Winkeleisen und waagrechtem Ring ein Verbiegen des Winkeleisens zu erwarten ist).

Hauptspannung von 1100 kg auf einen Qu.cm, angenommen für den 3. Querschnitt, da nur in diesem Querschnitt $I_{\max} = 258 \text{ cm}$ und $\varphi = 0,63$,
 $K = R \quad \varphi = 1100 \cdot 0,63 = 693 \text{ kg pro Qu.cm.}$

Tatsächlich ist $K_1 = P_{\max} : \omega = 14780 : 22,7 = \approx 652 \text{ kg}$, d.h. $< 693 \text{ kg}$.

Für den 4. Querschnitt gilt: $I = 8 \text{ Fuß} = 244 \text{ cm}$, $\varphi = 0,66$, $K = 726 \text{ kg pro Qu.cm}$ und $K_1 = 670 \text{ kg pro Qu.cm}$.

a) Bei den unteren Winkeleisen:

$$\varphi = \frac{1}{1 + 0,00008 \cdot 258 \cdot 258 \cdot \frac{\omega}{I}} = 0,68.$$

$$\text{Hier ist } \omega = 25 \text{ Qu.cm}$$

$$I = 280 \text{ cm}^4.$$

Da $I_{\max} = 258 \text{ cm}$ der größte Abstand ist zwischen dem 7. und 8. waagrechten Ring, so genügt es, die Spannungen auf den Qu.cm im letztgenannten Querschnitt zu bestimmen, bei den übrigen Querschnitten ist sie immer geringer. Somit gilt für den letzten Querschnitt:

$$K = R \quad \varphi = 1100 \cdot 0,68 = 748 \text{ kg pro Qu.cm.}$$

$$K_1 = P_{\max} : \omega = 16529 : 25 = 661 \text{ kg, d.h. } < 748 \text{ kg.}$$

Wenn bei der Turmmontage anstelle der 7 waagrechten Ringe noch ein weiterer, also insgesamt 8 Ringe gewählt werden, dann erreicht man bei sonst gleichen Be-

dingungen noch weniger Spannungen, und folglich wird die Konstruktion des Turmgerüsts noch widerstandsfähiger.

Die unteren Stützenenden des Turmgerüsts sind am Bodenauflagerring befestigt, der aus waagrechten 250 mm breiten und 10 mm dicken Eisenbändern sowie einem in der Neigung der Gerüststützen schrägen, 400 mm hohen und 10 mm dicken Eisenband besteht.

Waagrechtes und schräges Ringband werden unten von beiden Seiten mit 100 x 100 x 10 mm Winkeleisen zusammengehalten.

Das Gewicht eines solchen Ringes beträgt 4 Tausend kg.

Das Gewicht der Turmanlage mit Behälter ohne Wasser beträgt:

$$Q_1 = 12800 + 26000 + 4000 = 42800 \text{ kg} = 42,8 \text{ Tonnen.}$$

Das Moment aus dem Turmgewicht beträgt:

$$M = 42800 \cdot \frac{a}{2} = 262364 \text{ kg/m} > M_8,$$

mit $a = 4033 \text{ Fuß} = 12,26$ für den Kreisdurchmesser, über den die Nieten des Gerüsts verteilt sind.

Der Stabilitätswert ist

$$M : M_8 = 262364 : 241974 = 1,08,$$

folglich stellt der Turm auch bei nicht gefülltem Behälter eine völlig stabile Anlage dar, und die Fundamentnieten reagieren nicht auf Zug.

Der größtmögliche Druck auf einen Qu.cm Boden beträgt etwa 2 kg.

Der Leichtigkeitwert dieser Anlage beträgt:

$$\mu = 42,8 : 410,546 = 0,104,$$

d.h. sie ist wesentlich leichter als jeder vorhergehende Turmtyp.

Wie aus der Abb. auf S. 2 hervorgeht, besitzt der Eisenturm eine wasserundurchlässige Sohle, auf der alle notwendigen Vorrichtungen und Geräte zu seinem einwandfreien Betrieb untergebracht sind.

Bei der Planung der Wasserversorgung von Tjumen' wurde im vorhinein berücksichtigt, daß der Aufstellungsort des Turmes nach Besichtigung durch den Autor am Ende der Spasskij-Straße beim Chlebnaja-Platz sein sollte, d.h. am entgegengesetzten Ende der Wasserentnahmestelle¹. Somit konnte der Turm mit einem einzigen 10-Zoll-Rohr ausgestattet werden und als Ausgleichsstaubecken dienen.

¹ Die Wasserentnahme sollte aus dem Fluß Tura beim Männerkloster erfolgen. Bei Grundwasserquellen, die bislang – und ohne weitere hydrologische und geologische Untersuchungen – noch nicht bekannt sind, ist es sehr wohl möglich, daß der Wasserausgleichsturm aus Wirtschaftlichkeitsgründen zu einem Wasserdruckturm wird, wobei es eines 2. Rohres bedarf, des Druckrohres.

Das Signalrohr (gleichbedeutend mit dem Überlaufrohr) verläuft in der Mitte der Wendeltreppe und mündet mit seinem unteren Ende in den Sammelkanal *B* für das Abwasser (bei Überfüllung des Behälters oder beim Ausspülen).

Die Schieber sind an den Rohren so angebracht, daß der Turm völlig aus dem Versorgungsnetz genommen werden kann, falls notwendig und wenn Wasser durch den Windkessel *A* (zur Minderung hydraulischer Stöße) zu laufen beginnt. Dieser Kessel hat einen Durchmesser von 20 Zoll und ist 6 ½ Fuß hoch. Alle Rohre des Turmes sind am Behälterboden mit Ausgleichsstopfbuchsen ausgestattet.

Jede Wasserstandsveränderung im Behälter wird – neben einem Quecksilberanzeiger im Turmumlauf – außerdem automatisch in der Pumpenstation mit einem elektrischen Anzeiger von Otto P. Postel – Vinay – Carpentier festgehalten.

Die Messung des ins städtische Versorgungsnetz gelangenden Wassers sollte über ein Venturi-Rohr erfolgen, angeschlossen an den Windkessel, mit einem kleinen reaktiven Bypass-Kontroll-Wasserzähler. Derartige Anlagen sind, ungeachtet ihrer großen Vorzüge, in den Wassernetzen russischer Städte noch nicht weit verbreitet.

Tatsächlich sind kleine Wasserzähler immer genauer und billiger als große und folglich ist die Einbringung reaktiver Wasserzähler im Bypass des Venturi-Rohrs sinnvoller als der unmittelbare Anschluß großer Wasserzähler an die Hauptleitung. Außerdem hat eine derartige Anbringung des Wasserzählers noch den großen Vorteil, daß er bei einem Schaden an seinem Mechanismus oder zu seiner Überprüfung leicht ausgewechselt werden kann, ohne den Wasserlauf im Versorgungsnetz zu unterbrechen. Dazu müssen lediglich die Zulaufventile des Bypass vor und nach dem Wasserzähler geschlossen werden, um ihn von den Anschlußstutzen abzuschrauben. Außerdem kann eine Wasserleitung – ohne große Verluste – immer so angelegt werden, daß die Wassermessung durch zusätzliche Kontrollgeräte nicht unterbrochen wird, was nicht möglich ist, wenn man einen großen Wasserzähler direkt an der Hauptleitung anbringt, wodurch bei einem Austausch die ganze Hauptleitung unterbrochen werden muß.

Der Behälter wird über zwei Luken im oberen Podest und den Hohlraumstützen seines Gitters belüftet.

Zum Schutz vor Blitzeinschlägen besitzt der Turm einen Blitzableiter. Das Ende der Blitzableiterspitze ist ein Bronze-Vollzylinder mit 3 Aufnahmedornen. Der gesamte Zylinder ist vergoldet, das Ende des großen Dorns ist mit einer Platinkappe abgedeckt zum Schutze der Spitze vor chemischen Einflüssen und als Schmelzschutz. An der Blitzableiterspitze ist das Aufnehmerende am unteren hohlen Ende angebracht und mittels zwei Schrauben befestigt. Die Spitze ist hohl, aus Kupfer mit einem Querschnitt von 75 Qu.mm. Das untere Spitzenende und die drei Kupferhalterseile sind direkt am Turmbehälter befestigt. Der untere Stützring des Turmgerüsts ist mit einem 75 Qu.mm Kupfer-Ableitungskabel in einem Eisenrohr versehen. Sein unteres Ende endet in einer Zinkplatte mit 3 mm Dicke und einer Fläche von 1,5

Qu.m. Das Zink-Ableiterblech sollte in einem Schacht mit Feinkoks liegen, was den Erdungswiderstand vermindert und es vor Rost schützt¹.

Eine solche Blitzableiteranlage stellt eine ununterbrochene Metallkette dar (Aufnehmer, Spitze, Turm und Ableitungskabel mit Erdung) zur kürzesten Ableitung elektrischer Ladungen.

Der von diesem Blitzableiter abgeschirmte Raum wird gewöhnlich als ein Kegel definiert, dessen Spitze mit der Dornspitze des Aufnahmezylinders übereinstimmt, der Radius der Kegelgrundfläche ist gleich seiner Höhe².

Es sollte veranschlagt werden, daß sowohl die Turmstützen als auch der Behälter nach Sandbestrahlung und gründlicher Grundierung gestrichen werden.

Stuttgart, den 3. August 2010

Übersetzt von
Ottmar Pertschi
(Dipl.-Übersetzer)

¹ Kann der Schacht für die Zink-Ableitungsplatte bis zu einer konstant feuchten Tiefe gegraben werden, dann braucht die Plattenfläche nur ein Drittel so groß zu sein. Auf ein Auffüllen mit Koks kann verzichtet werden. (Leitlinien zum Blitzschutz von Anlagen; russ. – siehe: Pravila i normy dlja električeskich ustrojstv sil'nych tokov <Regeln und Normen für Starkstromanlagen; russ.>. 1908, S. 184).

² Findeisen definiert diesen blitzgeschützten Raum als Paraboloid, dessen Erzeugende durch die Gleichung $y^2 = 8x$ ausgedrückt wird.

Die dabei größte, durch eine Blitzableiterspitze abgeschirmte Fläche ist nicht größer als eine Kreisfläche von $2y = 32$ m.

Aus der Gleichung $y^2 = 8x$ erhalten wir die Höhe der Blitzableiterspitze, $x = 32$ m.