

# TeknoeBook

GLI EBOOK DI TEKNORING

IL NETWORK DEI PROFESSIONISTI TECNICI DI WOLTERS KLUWER ITALIA

ingegneri.info architetto.info geometra.info edilone.it mixdesign.it  
periti.info tecnici.it chimici.info geologi.info agrinews.info

Storie di ingegneria

## Vladimir Shukhov e la leggerezza dell'acciaio



a cura di  
**Fausto Giovannardi**

con la collaborazione di  
*Studio Giovannardi e Rontini*



Wolters Kluwer  
Italia

\*

## **Vladimir Grigorevich Shukhov**

(Владимир Григорьевич Шухов)

(1853-1939)

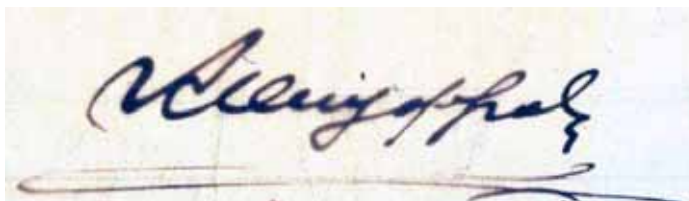
All'inizio del XX secolo il dibattito sul valore artistico dell'ingegneria in generale, e sull'architettura dell'acciaio (iron-style) in particolare, fu molto forte e controverso. Coinvolse ingegneri, architetti ed artisti, occupando le prime pagine delle riviste. Il lavoro innovativo di Vladimir G. Shukhov è allora al vertice nel campo dell'architettura e trova convinti sostenitori in coloro che ritengono che la forma derivi dalle caratteristiche di resistenza del materiale e che l'abilità non consista nel nascondersi dietro ridondanti decorazioni, come negli archi alla base della torre Eiffel.

*“Le strutture di Shukhov completano gli sforzi degli ingegneri del XIX secolo ed indicano la via a quelli del XX”.*

Christian Schadlich (Wiemar 1967)



*Sull' iperboloide ho pensato a lungo. Era il tipo di pensiero profondo, un lavoro apparentemente incosciente, ma in qualche modo ero bloccato; l'idea non veniva fuori ... E poi un giorno, arrivando prima del solito in ufficio, ho visto il mio cestino di vimini delle cartacce per terra, con i fogli sparsi, era caduto accanto ad un vaso pesante con un ficus. E così chiaramente stava davanti a me la futura costruzione della torre. In modo molto espressivo su questo cestino era mostrata la formazione della superficie curva dalle barre diritte.*



## La vita

Vladimir Grigorevich Shukhov nasce il 16 agosto 1853 (28 del calendario Giuliano) a Grajvoron, una cittadina russa, nella Regione di Belgorod a sud ovest di Mosca. Il padre Gregory Petrovich, proveniva da una famiglia di ufficiali dell'esercito russo, da varie generazioni. Si era laureato in legge nella Università di Kharkiv. Ben educato e dal carattere fermo e risoluto, a 29 anni aveva già ricevuto una medaglia di bronzo per la partecipazione alla guerra in Crimea (1853-1856). Alla nascita di Vladimir, è direttore della sede locale della banca di San Pietroburgo. La madre, Vera Kapitonovna Pozhidaeva, figlia di un ufficiale, possedeva un piccolo podere vicino a Grajvoron. Donna di doti non comuni, secondo i ricordi di famiglia, dove nel tempo, l'energia e l'intuizione si sono trasformate nel dono della chiarezza. La famiglia era composta da sette figli (due maschi e cinque femmine).

A causa dei frequenti trasferimenti del padre, la famiglia visse a Kursk, poi a Kherson ed a San Pietroburgo, dove, nel 1864 Vladimir fu iscritto al ginnasio, da cui esce diplomato con distinzione nel 1871, ed in cui già mostra uno spiccato talento per la matematica. Di fronte all'alternativa se continuare gli studi all'università di San Pietroburgo, oppure al prestigioso Collegio Imperiale di Tecnologia di Mosca, che al tempo era una delle migliori università Politecniche d'Europa, e da poco aperto anche ai non nobili, sceglie quest'ultimo, pur consapevole dei grandi sacrifici che dovrà fare, anche perché la famiglia disponeva solo dello stipendio del padre.



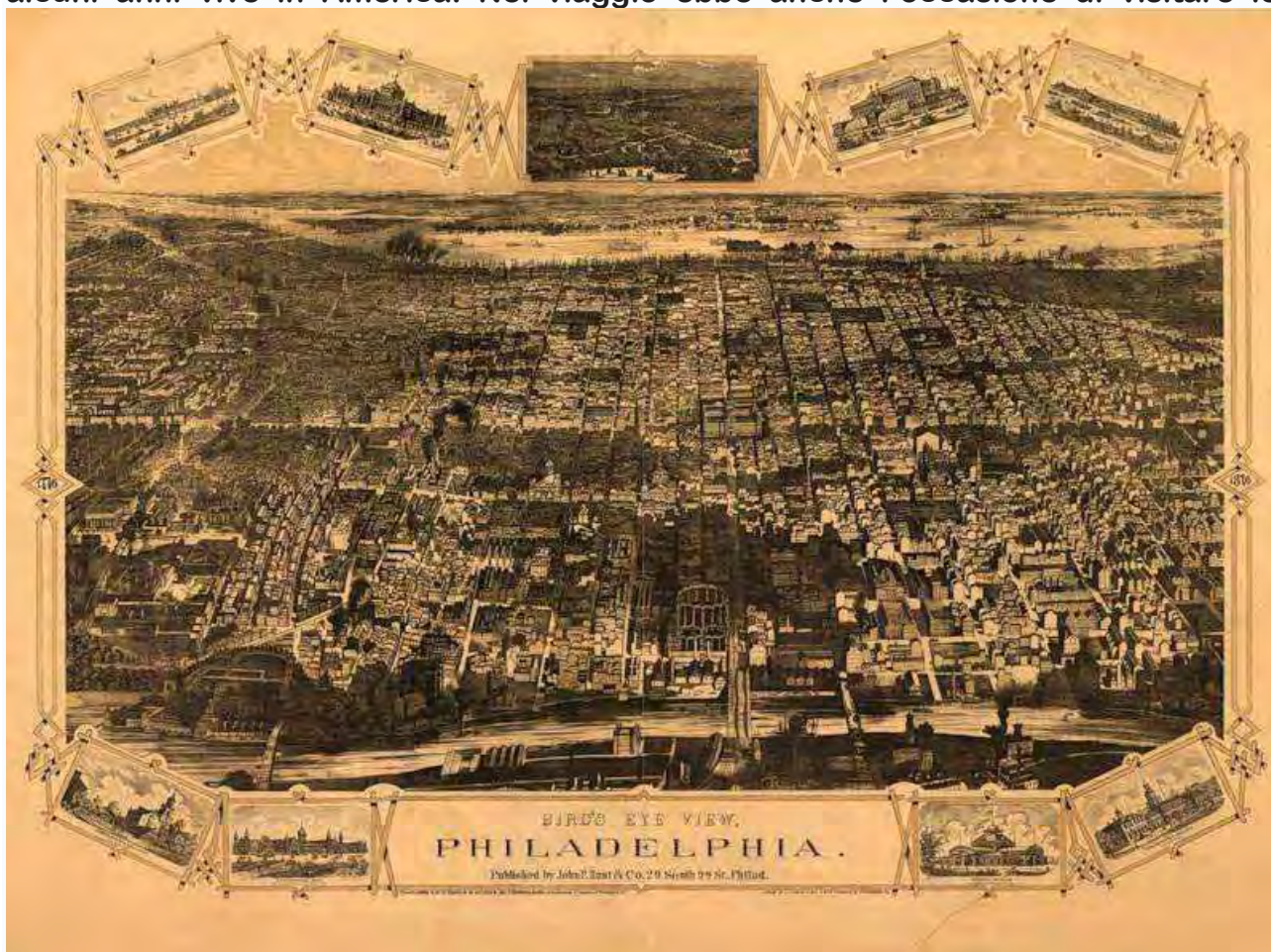
Durante gli studi sviluppa il progetto ed un prototipo di un ugello per la combustione dei derivati del petrolio, la cui foto sarà utilizzata da Mendeleev<sup>1</sup> per la copertina del suo libro : "Fondamenti di tecnica industriale" (1897). Si laurea in ingegneria meccanica, con lode e medaglia d'oro nel 1876. Il prof. Pafnutij Chebyshev, famoso matematico, gli propone un posto nel lavoro di ricerca ed

<sup>1</sup> Dmitrij Ivanovič Mendeleev (1834-1907) è stato un chimico russo. È accreditato come inventore della tavola periodica degli elementi.

insegnamento in università, ma Vladimir, pur ringraziando, la rifiuta sentendosi più attratto dal mondo dell'industria.

Dirà poi: *“io sono un uomo di vita, non mi si può chiedere di applicarmi in cose apparentemente inutili.”* Accettò invece e di buon grado, l'opportunità offertagli a seguito della medaglia d'oro, di far parte della delegazione scientifica russa all'esposizione mondiale di Filadelfia del maggio 1876, tenuta per il centenario dell'indipendenza degli Stati Uniti, ed in cui poté ammirare le novità tecnologiche dell'epoca (il telefono Bell, la prima macchina da scrivere, etc.).

Il lungo viaggio negli Stati Uniti giocherà un ruolo fondamentale nella sua vita. Lo segnerà indelebilmente la visione dell'enorme galleria centrale dell'esposizione in ferro e vetro, sull'esempio del Cristal Palace dell'esposizione di Londra del 1851. All'esposizione conosce Alexander Veniaminovich Bari, un giovane ingegnere-imprenditore russo, che lavora nell'organizzazione dell'esposizione e che da alcuni anni vive in America. Nel viaggio ebbe anche l'occasione di visitare le



fabbriche di auto e macchinari a Pittsburg e di studiare le Ferrovie Americane.

Ritornato dall'America nel 1877, entra a lavorare all'Ufficio progetti della Società Ferroviaria Varsavia-Vienna a San Pietroburgo. La vivida memoria del viaggio americano, contrasta ben presto con il grigio lavoro burocratico alle ferrovie. E' comunque un'esperienza che gli sarà utile nel futuro, ma senza spazio per la creatività e sotto il giogo di superiori ottusi e rigidi, non si trova a suo agio.

Dalla frequentazione dell'amico di famiglia, il famoso medico Pirogov, è probabile che sia scaturita la sua decisione, di diventare, senza comunque lasciare il lavoro, un volontario presso l'Accademia Medica Militare. Per sua stessa testimonianza, i due anni di studio trascorsi al suo interno sono stati una preziosa esperienza

anche come ingegnere, arricchendolo nella conoscenza del "progetto" più perfetto, creato dalla natura - il corpo umano.

Intanto anche A.V. Bari rientra in Russia insieme alla famiglia, intenzionato ad avviare una attività industriale fiducioso di trovarsi all'inizio di un periodo di forte sviluppo, nel paese privo di industrie. A.V. Bari a quel tempo è molto giovane (25 anni), di bella presenza, buona educazione ed in grado di parlare correttamente tre lingue (inglese, francese, tedesco). Acquista un terreno a buon prezzo in Simonova, e vi costruisce un magazzino di caldaie, e vi insedia anche l'ufficio della sua neonata impresa di costruzioni.

Nel 1878, con una lettera di presentazione del professor F.E. Orlov, Vladimir Shukhov gli si presenta, ed avendone apprezzato la creatività nel periodo di Filadelfia, lo assume nell'ufficio tecnico della sua

impresa con sede a Mosca, ma con interessi nella zona petrolifera di Baku in Azerbaigian. Poco dopo, anche per un problema di salute, Vladimir si reca a Baku ed ha ufficialmente inizio l'impresa che vedrà la fruttuosa unione tra un brillante manager ed un ingegnere dall'incredibile talento. Essa durerà fino alla Rivoluzione d'ottobre del 1917 e porterà enormi benefici alla Russia.

Oltre all'impresa di costruzioni civili, A.V. Bari, dopo un primo periodo in cui operò come importatore, nel 1880 fondò una fabbrica di caldaie a vapore a Mosca, che nel tempo aprì varie succursali in tutta la Russia ed anche lì vi mise Shukhov a capo dell'ufficio progetti. Inizialmente vi venivano assemblati i pezzi importati dall'Inghilterra e dalla Francia. Dopo pochi anni, nel 1890-92, Vladimir inventò un nuovo tipo di caldaie tubolari: verticali ed orizzontali, i cui vantaggi consistevano nella maggiore superficie riscaldabile, nella semplicità di costruzione e nell'uso di elementi simili. Nel 1896 la ditta A.V. Bari ne iniziò la produzione in serie, ottenendo un premio all'esposizione panrusa di Nizhny Novgorod dello stesso anno e successivamente, premio e medaglia d'oro per Schukhov, all'esposizione mondiale di Parigi del 1900.

Nel suo lavoro V.G. Shukhov, si occuperà di opere d'ingegneria civile, navale, meccanica e petrolifera. Troverà sempre il tempo di tenersi aggiornato, attraverso lo studio della documentazione tecnica russa ed estera (leggeva regolarmente le riviste "The Engineer" e "Cassier's Magazine") ed intrattenendo un continuo scambio di opinioni con molti colleghi, oltre a coltivare la sua grande passione per la fotografia, in cui raggiungerà alti livelli artistici. Circa 2000 foto sono giunte fino ai giorni nostri. Il suo lavoro fotografico, oggetto di esposizioni ancora oggi, ci riporta la realtà della sua epoca, vista con gli occhi di una persona



colta, di un tecnico raffinato ed esperto di letteratura ed arte, che conosceva tre lingue.

Amava lo sport: il tennis, lo sci ed il pattinaggio, il tiro con l'arco e giocava molto bene a scacchi. Nel 1880 ha partecipato ad una gara ciclistica nei dintorni di Mosca. Amava la musica classica ed il balletto, e la letteratura. Gli piaceva leggere poesie, e costruire di mobili. Tra i suoi amici vi erano scrittori, attori e artisti. Ed è forse in questo ambiente che ha incontrato il suo "primo amore", Olga Knipper, amica delle sue sorelle e che diverrà una famosa attrice del Teatro d'Arte di Mosca, ed seguito (1901) moglie dello scrittore Anton Čechov.

Una delle caratteristiche dello spirito creativo Shukhov è in gran parte dovuta alla profondità del suo talento e della diversità di idee, ed il suo desiderio di comprendere l'immagine olistica del mondo, in tutti gli aspetti apparentemente non correlati, nei più diversi processi e fenomeni. Questo desiderio ha ampliato i suoi interessi sulla scienza, lontano dagli aspetti delle sue attività pratiche di ingegnere. In gioventù si è interessato di astronomia acquisendo una vasta conoscenza in questo campo; successivamente si è seriamente interessato della teoria di Einstein della relatività.

Nei primi mesi del 1881 la moglie di Alessandro Veniaminovich Bari, così scrive alla sorella:

*"Shukhov da ottobre, vive a Mosca ed è Sasha a fargli da assistente capo per la parte di ingegneria, riceve uno stipendio di 200 rubli, oltre agli interessi. Oltre a Shukhov e Sasha nell'ufficio c'è contabile, un impiegato ed un facchino ... "*

Anche nei momenti di maggiore prosperità, quando il lavoro svolto ogni anno portava più di 6 milioni di euro (una somma enorme per quel tempo), nel suo ufficio di progettazione hanno lavorato al massimo 20 ingegneri, disegnatori e tecnici. Questo è stato possibile perché Shukhov non aveva bisogno di un assistente. Secondo le memorie dei dipendenti, "tutti i calcoli dei suoi numerosi impianti li faceva personalmente e così velocemente che per uno estraneo era molto difficile tenere il suo passo.

Gli ingegneri che hanno lavorato con Shukhov, ricordano che il solo affacciarsi nel suo ufficio ha agito su di loro come una ispirazione. Trasmetteva ai suoi collaboratori la sua inesauribile energia creativa ed idee originali, portava un enorme quantità di emozioni positive, e così splendidamente risolveva qualsiasi lavoro, anche il compito di ingegneria più complessa che appassionava tutti che volevano lavorare, indipendentemente dal tempo. Allo stesso modo, ha dato a tutti la possibilità di dimostrare la loro indipendenza, ha accettato e sopportato ogni autostima, non solo, ma spesso anche esagerandone il coinvolgimento nel successo ottenuto. Successivamente, molti di coloro che sono stati brillanti allievi della "scuola Shukhov" hanno iniziato la propria attività professionale o sono diventati professori del Collegio Imperiale di Tecnologia di Mosca.

Nel 1889 durante un viaggio verso Yalta. Di passaggio, si ferma a Nikolaev. Scrive alla madre una lettera su carta dell'hotel "London".

*"E' impossibile ovunque incontrare un brusco cambiamento nel paesaggio naturale, come qui. Si viaggia nella nuda steppa, e all'improvviso dietro la curva - giusto acqua con un'oasi verde di alberi. Nikolaev appare, benvenuto miraggio nel*

*deserto. La città è molto pulita, e gli abitanti accoglienti e raffinati. Nel caldo di mezzogiorno tutti a piedi lungo i viali, e la sera ascoltano una banda militare, un intrattenimento preferito al pubblico locale. Ieri sono stato alla fontana turca, l'acqua è fresca e pulita. "*

Il denaro non è mai stato qualcosa di particolarmente importante per Vladimir G. Né quando era un "libero, celibe cosacco", né quando nel 1893 all'età di 40 anni sposa la diciannovenne Anna Nikolaevna Medintseva dando poi vita ad una famiglia numerosa. Sua moglie proveniva da una famiglia antica ma impoverita. Il



matrimonio si celebra il giorno dopo il suo quarantesimo compleanno. La giovane moglie, è figlia di un medico delle ferrovie, con la cui famiglia si era incontrato durante un viaggio d'affari a Voronezh.

Donna intelligente, molto equilibrata, riuscirà a gestire la famiglia ed a creare nella casa un'atmosfera rilassata ed amichevole<sup>2</sup>.

Vladimir ed Anna avranno cinque figli: Xenia, Sergei, Fabio, Vera e Vladimir.



E così si arriva ad un'altra tappa fondamentale nella vita di Shukhov, la partecipazione all'esposizione Russa delle Arti ed Attività Industriali, che si tenne dal 28 maggio al 1 ottobre del 1896 a Nizhny Novgorod. Finanziata da Nicola II Zar della Russia, occupò 84 ettari sulla riva sinistra del fiume Oka, con quasi 70 costruzioni e 120 padiglioni. Alla mostra furono presentate la prima torre per acqua con struttura metallica reticolare a forma di iperboloide e le prime coperture metalliche a rete sospese ed a volta a graticcio, in 8 padiglioni a coprire un'area totale di 25.000 mq.

Dopo l'esposizione il nome di Vladimir G. Shukhov ebbe risonanza mondiale.

L'inizio del nuovo secolo fu pieno di avvenimenti sconvolgenti. Prima la guerra Russo-Giapponese del 1904-1905, persa nella tragica battaglia di Tsushima, poi la Prima Guerra Mondiale scoppiata nel 1914 ed in ultimo la rivoluzione d'ottobre del 1917<sup>3</sup>, che mise fine all'impero zarista.

<sup>2</sup> Qualche dubbio su questo lo mette la figlia Vera, nella testimonianza riportata nel seguito.

<sup>3</sup> Rivoluzione d'ottobre :così chiamata perché realizzata tra il 25 e il 26 ottobre secondo il calendario giuliano, allora in vigore in tutti i territori dell'impero zarista. Essa costituì la conclusione del percorso di profonda trasformazione dello stato e del potere iniziato con la rivoluzione di febbraio di quello stesso anno. I governi provvisori nel frattempo succedutisi non erano riusciti a risolvere i gravi problemi della popolazione (in primo luogo le conseguenze negative della guerra sui livelli materiali di vita) e a interrompere il progressivo deteriorarsi dell'autorità politica e della credibilità delle istituzioni. I bolscevichi, sotto la direzione di Lenin, rientrati in marzo dall'esilio, divennero in pochi mesi la forza politica attorno cui si coagulò lo scontento, aumentando progressivamente la propria forza ed influenza tra i settori popolari delle principali città e negli organismi di rappresentanza di recente formazione (Soviet). In due sole giornate, soprattutto grazie all'apporto dei marinai della flotta della base di Kronstadt e

Nel 1913 morì A.V. Bari e l'impresa passò al figlio, che ne continuò l'attività fino al 1917, quando con tutta la famiglia, emigrò in America.

In questi anni turbolenti, Vladimir, pur intimamente contrario alla politica di guerra della Russia, dovette giocoforza occuparsi della costruzione di apparecchiature belliche: affusti di cannoni e mine subacquee.

L'ultimo grande lavoro che realizzò prima della rivoluzione del 1917, fu il capannone della stazione ferroviaria Kievsky a Mosca (1912-1917), con enormi e leggerissimi archi reticolari di 48 mt di luce e freccia 30 mt, che furono innalzati con l'impiego di due semplici torri di legno con argani, che venivano spostate ad ogni campata successiva.

Allo scoppio della Rivoluzione d'ottobre del 1917, contrariamente agli eredi di A.V. Bari ad altri colleghi, VGS non scappò negli USA od in Europa, ritenendo che fosse indispensabile che i tecnici rimanessero nel loro paese:

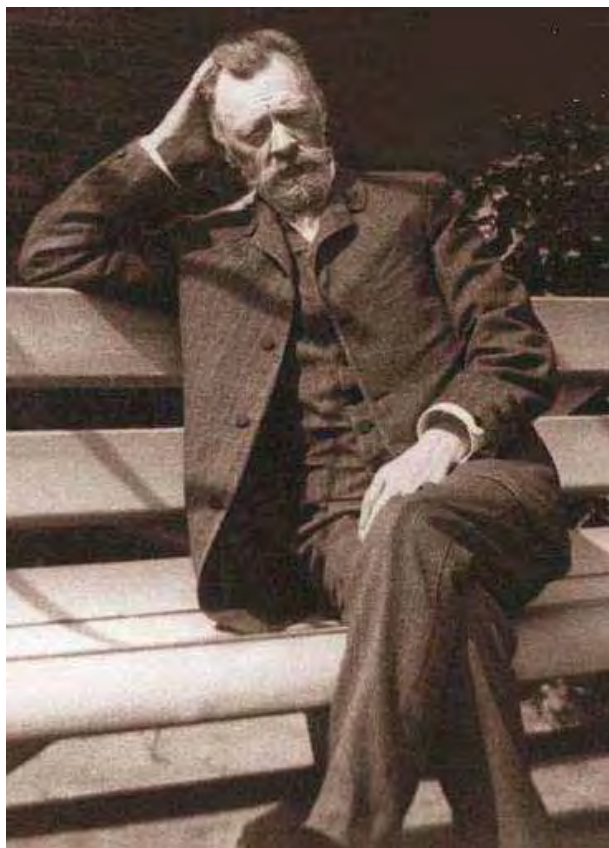
*“noi dobbiamo lavorare, e lavorare indipendenti dai politici. Edifici, serbatoi, caldaie, tubazioni servono e noi siamo indispensabili.”*

I suoi figli, già ufficiali dell'esercito zarista, parteciparono alla rivoluzione con i bianchi.

Nei suoi taccuini riporta le difficoltà e l'atmosfera di quegli anni terribili. Solo la sua grande creatività gli permise di sopravvivere e di poter sviluppare ancora i suoi progetti.

*“Nov. 1917. Distrutta la copertura, l'acquario. Le finestre frantumate. Un proiettile ha sfondato il muro e distrutto un armadio. La famiglia si è rifugiata in cantina. I combattimenti sono finiti il 3 novembre, quando i bolscevichi hanno vinto.”*

*“Sett., 1918. Ci è stato ordinato di lasciare la casa dal 20.09. Entrati nell'ufficio (al n.11/13 della Krivokolennomu pereulku) il 19.09 e distrutto numerosi vecchi progetti eseguiti per Bari, i progetti di ugelli, ...”.*



Dopo la rivoluzione del 1917 la situazione in Russia cambiò radicalmente.

La ditta Bari e l'ufficio progetti furono nazionalizzati ed i lavoratori lo elessero a capo dell'azienda di costruzioni, che prese il nome di “Stal'most”, mentre la fabbrica di caldaie a vapore divenne la “Parostroj”.

All'età di 64 anni si ritrovò in una situazione completamente nuova, ma non si arrese, impegnandosi attivamente nelle opere di ricostruzione dai danni della guerra civile (1917-21). In primo luogo la ricostruzione di numerosi ponti ferroviari, ricostruiti attraverso il recupero e la riparazione, a fronte della mancanza tragica di materiali nuovi. Il gruppo di

---

delle "guardie rosse" (soldati e operai armati dai soviet di Pietrogrado), il potere passava nelle mani dei bolscevichi in modo quasi incruento: la sera del 25 ottobre il governo Kerenskij veniva destituito e i suoi ministri arrestati durante l'assalto al Palazzo d'inverno. Il potere sovietico si consolidò in tempi e modi diversi: mentre nella gran parte del paese entro la fine del 1917 i nuovi organismi di potere si erano ormai formalmente consolidati, in Ucraina, nell'area del Don e nel Caucaso la rivoluzione trovava una più consistente opposizione che si protrasse, facendo sentire le proprie conseguenze in tutta la Russia, nei tre anni seguenti con la guerra civile russa.



tecnicisti ed operai, da lui formati in questo periodo, diverranno poi il nucleo dell'organizzazione statale per la costruzione di nuovi ponti.

Un chiaro esempio della sua capacità di affrontare e risolvere gli enormi problemi dell'epoca, è l'invenzione e la costruzione di condutture per l'acqua, in legno.

Dal 1918 è membro del Comitato Statale per l'industria Petrolifera.

Nel 1919 riceve, per volontà di Lenin<sup>4</sup> il suo più importante incarico, o perlomeno quello che gli ha dato maggiore visibilità: la costruzione di una antenna per la stazione radio del nuovo stato sovietico, nel villaggio Shabolovka a Mosca. Originariamente progettata di 350 mt. d'altezza, la torre fu poi costruita, per la carenza d'acciaio, di 150 metri.

L'antenna è una rielaborazione delle torri iperboliche per l'acqua ed è composta da 6 segmenti sovrapposti di quella forma. Pur fra enormi difficoltà a metà del marzo 1922 la stazione radio fu attivata.

Questa antenna, di forma originale, estremamente leggera e raffinata, con dettagli semplici, costituisce un modello delle più brillanti strutture al vertice dell'arte del costruire.

Ma non saranno le sue ultime torri. Nove anni dopo progetta e costruisce tre coppie di queste torri, con funzioni di piloni per il passaggio della linea elettrica ad alta tensione sopra il fiume Oka, vicino a Nizhny Novgorod. La loro altezza massima sarà di 128 metri.



Nel 1924 una delegazione della ditta americana Sinclair Oil gli fece visita con riferimento ad una vertenza che aveva in USA con la Standard Oil di Rockefeller, relativamente alla primogenitura della scoperta della procedura di "oil cracking"<sup>5</sup>. Loro sostenevano che il brevetto dell'ingegnere americano Jim Barton, utilizzato dalla Standard Oil era una modifica del brevetto di Shukohv del 1891. Vladimir confermò che il procedimento di Barton era una modifica del suo brevetto. Si racconta che gli fosse offerta la somma di 50.000 dollari, e che lui la rifiutò dicendo che era soddisfatto del salario che riceveva dallo stato<sup>6</sup>. La lunga causa si risolse dopo anni, senza vincitori, anche perché le due compagnie vollero evitare il rischio di dover acquistare il brevetto russo di Shukhov.

Pur ritenuto un intellettuale borghese, dall'apparato sovietico, nel 1927 è eletto nell'Accademia delle Scienze dell'URSS e dal 1929 membro onorario, nel 1928 viene nominato eroe del lavoro e nel 1929 insignito del premio Lenin.

<sup>4</sup> Vladimir Il'ich Ull'janov detto Lenin (Владимир Ильич Ульянов, Ленин) (Simbirsk, 22 aprile 1870 - Nižnyj Novgorod, già Gorkij, 21 gennaio 1924) fu un uomo politico russo, rivoluzionario comunista, leader del partito bolscevico, Presidente del Consiglio dei Commissari del Popolo della Russia sovietica e poi dell'URSS e principale teorico del leninismo, che descrisse come l'applicazione del marxismo all'"era dell'imperialismo."

<sup>5</sup> Nelle raffinerie col *cracking* (*piroscissione*) vengono prodotti composti "leggeri" (ad esempio benzina e GPL) partendo dalle frazioni più pesanti (masut) e dai residui di distillazione del petrolio greggio.

<sup>6</sup> Shukhov ha lasciato allo Stato la proprietà di tutte le sue invenzioni

L'ultima sua opera nel campo delle costruzioni fu un lavoro per lui insolito, ma che ne ribadisce l'ecletticità ed il valore. Un intervento di restauro e conservazione della memoria storica: il minareto (XV secolo) della famosa Madrasah Ulugh Beg a Samarcanda, da anni pericolante a seguito di un terremoto e prossimo al crollo. Questo lavoro fu portato a termini con successo, non solo in accordo al suo progetto, ma anche sotto la sua guida, in cui mise lo stesso impegno di sempre.



Dal 1932, con il clima d'inquisizione della Russia di Stalin, si ritira a vita privata frequentando solo gli amici intimi ed i vecchi colleghi.

Gli ultimi cinque anni della sua vita li trascorse in una casa dell'Accademia delle Scienze, in Zubovsky Boulevard № 16-20, ancora autonomo ed al lavoro, assistito dalla figlia maggiore Ksenia.

Non era un ambiente confortevole, ma come ricorda sua nipote Anna Kournikova *“ egli amava Zubovsky Boulevard. Nelle vicinanze sorgeva la sua casa, in un vecchio palazzo in stile impero e lui amava passeggiare lungo il viale apparentemente infinito con i vecchi alberi frondosi, a volte da solo, ma per la maggior parte con la moglie, con la quale ha vissuto per mezzo secolo, o con gli amici, i colleghi. fino a quando furono abbattuti gli alberi del lussuoso boulevard. La maggior parte del suo tempo lo trascorreva dietro una scrivania. Ha letteralmente lavorato fino alla sua morte.”*

Nell'epoca dell'elettricità Vladimir era nottetempo al suo tavolo di lavoro, al lume di candela, quando un incendio, provocato dall'accidentale caduta del candelabro, lo avvolse<sup>7</sup>. Ebbe ustioni su un terzo del corpo, e morì dopo sei giorni di doloroso agonia, che seppe sopportare con grande dignità e sembra, perfino con ironia. Era il 2 febbraio 1939 e fu sepolto nel cimitero del monastero Novodevicij (Nuove Vergini) a Mosca.

---

<sup>7</sup> Le storie di famiglia narrano che molti anni prima, la madre di Vladimir aveva fatto un sogno terribile - le fiamme avvolgevano il figlio nella cripta di famiglia.

## Il ricordo della figlia Vera<sup>8</sup>

In una casa per anziani, nella periferia di uno dei nuovi quartieri di Mosca, in una camera spaziosa luminosa con telefono, abita ricurva dagli anni, una vecchia signora, con gli occhi azzurri chiari, la curiosità di un bambino, una perfetta lingua russa e buone maniere . Vera V. Shukhov - una delle due figlie del grande ingegnere, l'unica dei suoi sei figli, ancora in vita, dice:

*Mio padre era più chiuso con noi figlie, io e Xenia. Mentre ai nostri fratelli ha dedicato più tempo, acquistato giocattoli,... Ma lo abbiamo adorato lo stesso. Abbiamo spesso camminato con lui, siamo andati a teatro. Apprezzava particolarmente l'ascolto di Vladimir G. Chaliapin. Ma com'è strano! Così diversa la nostra vita di oggi che mi è difficile ricordare tutti i singoli episodi ...*

Vera Vladimirovna pensa, e poi continua: *C'erano sempre persone intorno a lui. Tutti lo conoscevano, tutti lo apprezzavano. Così a me, comunque, sembrava. Era socievole, una persona attiva ...*

*Certo, mio padre va compreso meglio di quanto si possa giudicare dalle sue conversazioni e reticenze. Il suo cuore era buono, molto sensibile, compassionevole. E nobile. Nella mia memoria, alzò la voce una volta soltanto. E 'successo dopo un grave litigio con Bari, quando questi ha osato rimproverare i suoi soldi a mio padre o qualcosa di simile.*

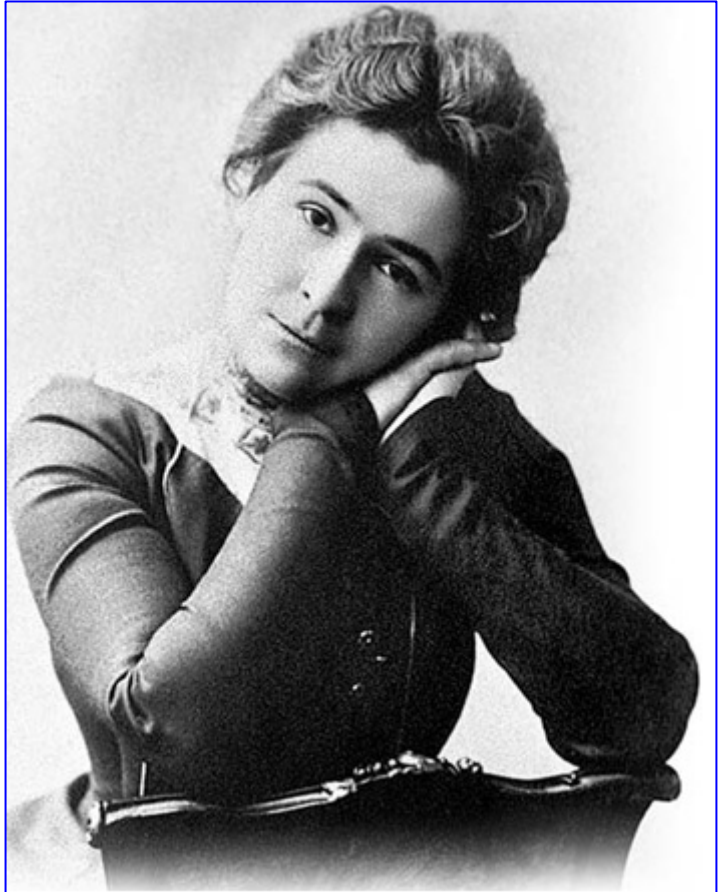
*Credo che mio padre fosse profondamente infelice nella sua vita personale. Mia madre, Anna Nikolaevna, non lo ha capito, penso che non riusciva a capirlo e non voleva... Erano su due piani paralleli. Io credo che quando uno di loro è l'inflessibilità di un evidente talento, generoso, splendido, e l'altro "terra" sobrietà ed interessi "nido" - come dovrebbe piegarsi in quattro per accontentare il primo. ... Tuttavia, giudicando i miei genitori - un grande peccato, tanto più che non posso fingere di avere una perfetta conoscenza della natura di mio padre. So per certo: non voleva dimostrare niente, perché doveva discutere e stava silenzioso. Andava a lavorare, e s'immergeva nel lavoro. Dopo cena, parlava con noi bambini, e poi entrava nello studio e poteva starci anche tutta la notte, perso nei suoi disegni, libri, giornali e riviste. Forse uno dei motivi del suo successo fenomenale e della sua produttività era il fatto che gran parte della sua energia spirituale, non necessariamente sprecata, la indirizzava nella corrente principale del suo lavoro.*



<sup>8</sup> Fonte <http://nplit.ru> Biblioteca di giovani ricercatori

## Il primo amore dell'ingegnere V.G. Shukhov

In alcune delle prime foto scattate da Vladimir, nel 1865, vi sono le due sorelle Olga e Alexander (tragicamente scomparse una dopo l'altra molto giovani nel 1890), con quella che diventerà una famosa attrice del Teatro d'Arte di Mosca, Olga Knipper, sua madre ed il fratello Costantino. In quegli anni, le ragazze della stessa età, erano molto amiche. Attraverso le sorelle, Olga e Vladimir si incontrano. L'impressione fatta da Vladimir su Olga, fu estremamente forte, e divenne il suo primo amore. Il sentimento era reciproco, la storia è durata due anni, e secondo i parenti, si sarebbe arrivati al matrimonio. Perché questo non sia avvenuto, rimane un mistero. Vladimir ha sempre parlato di Olga con grande calore.



## Caratteristiche generali del lavoro di V.G. Shukhov

*“La mia vita privata e quella dell’ufficio erano un tutt’uno. Dicono che A.V. Bari mi abbia sfruttato; che il mio lavoro sia stato pagato modestamente rispetto al reddito che ha prodotto. Questo è in parte vero, ma io ne sono stato cosciente e partecipe avendo ottenuto in cambio la possibilità di fare le cose più ambiziose, con la più grande autonomia, avendo a disposizione un budget di spesa e la possibilità di scegliere lo staff. A.V. Bari non è stato solo un abile uomo d’affari con un sesto senso per le nuove idee, ma anche un buon ingegnere. Quale uomo d’affari del tempo si sarebbe assunto il rischio per la costruzione dei padiglioni dell’esposizione di NN, da realizzarsi in sei mesi e con il rischio di non venderli una volta terminata l’esposizione.*

*A.V. Bari ha capito che occorre investire nella ricerca di nuove idee. Fu così per la prima torre iperboloidale, per la quale utilizzammo risorse esterne allo studio.*

*Il mio principio di lavoro nell’ufficio: vincere con termini di contratto migliori rispetto agli altri concorrenti, sia come importi che come termini di consegna.”*

Il metodo di lavoro di Shukhov, (VGS nel seguito), estremamente moderno anche per i nostri giorni, si sviluppava per successive approssimazioni tra l’analisi teorica del problema, con l’uso di sofisticate equazioni differenziali, e l’analisi della fattibilità pratica, con i problemi costruttivi ed economici.

La caratteristica del lavoro di VGS è l’unità tra la teoria e la pratica, il progetto e l’esecuzione, fino ad arrivare alla perfezione tecnica ed al costo economico più appropriato.

VGS aveva una solida base scientifica nel campo della matematico avanzata, nella meccanica, e conosceva molto bene la teoria dell'elasticità ed i principi dell'idrodinamica; ed aveva una grande curiosità, che lo portava ogni giorno ad esaminare idee nuove.

L'ufficio diretto da VGS sarà composto da 20 ingegneri. Dal suo gruppo usciranno valenti tecnici per l'industria e l'università.

VGS ha di fatto fondato una scuola d'ingegneria per il montaggio delle strutture, il cui esempio più noto è quello del metodo telescopico per l'assemblaggio delle torri iperboloidee, ma che comprende numerosi esempi significativi, come quello per la copertura della stazione Kiever, con archi reticolari a tre cerniere, per il cui sollevamento e montaggio furono realizzate due torri di legno mobili ed impiegati argani progettati dallo stesso VGS attraverso l'uso delle caldaie a vapore; in ultimo un ingegnoso sistema a bilanciere per il raddrizzamento del minareto della Madrasah Ulugh Beg a Samarcanda.

Anche nel campo della costruzione di caldaie, bollitori etc. VGS non si è limitato alla progettazione delle singole macchine, ma egli è anche autore di un nuovo metodo di produzione standardizzato.

Nell'ampliamento della rete ferroviaria russa, la ditta Bari fu inizialmente coinvolta per la costruzione di ponti ed in seguito per altri incarichi. Nel 1892 VGS costruì il suo primo ponte ferroviario. Anche in questo campo Shuchov seguì la via della standardizzazione. Egli progettò una tipologia di ponti con campate variabili da 25 a 100 metri, che erano una rielaborazione dei ponti reticolari, ed un loro perfezionamento per giungere a costruzioni particolarmente leggere a causa della scarsità di ferro in Russia. I pilastri in muratura avevano tutti lo stesso aspetto, e per lo scavo delle fondazioni in alveo, furono usati cassoni pneumatici in legno e ferro, in cui l'aria compressa era prodotta con le caldaie di Shuchov. Anche per il montaggio furono inventate tecniche nuove: le campate venivano assemblate a riva e varate d'inverno, una dietro l'altra su impalcature di legno poste sul ghiaccio. Le impalcature potevano essere abbassate e spostate con poche semplici manovre.

Contemporaneamente alla costruzione dei ponti VGS cominciò ad occuparsi di strutture di copertura. L'obiettivo era al solito quello di ottenere risultati ottimali con il minimo dispendio di materiale, lavoro e tempo. Inizialmente (1890) furono costruite leggerissime coperture ad arco, che ancora oggi si possono ammirare, come strutture portanti le volte a botte in vetro della galleria Petrovskij e dei magazzini GUM a Mosca.

Nel 1895 VGS brevettò la sua prima "copertura a rete". Si trattava di una tecnologia con cui, attraverso l'impiego di semplici ed economici elementi metallici (barre piatte da 50/60mm ed angolari leggeri), a formare maglie romboidali, si potevano costruire coperture sospese e gusci reticolari. Per la prima volta in ambito strutturale non vi era una distinzione tra elementi principali e secondari, ma tutti gli elementi avevano un uguale ruolo. Queste coperture erano 2-3 volte più leggere di quelle tradizionali, con un manto di copertura in lamiera e lucernari, con telai di legno e vetro.

Dopo alcuni esperimenti di prova, le nuove coperture furono presentate al pubblico all'esposizione panrusa di Niznij Novgorod (Gorkij) del 1896. La ditta Bari, assumendosi un grande rischio finanziario, costruì otto grandi padiglioni espositivi e li affittò agli espositori. Quattro erano coperti con un tetto sospeso e

quattro da gusci reticolari a botte. I dubbi delle autorità sulla stabilità delle coperture furono fugati dal collaudo naturale, effettuato dal nevoso inverno del 1895. Ulteriori due padiglioni furono realizzati con leggere volte composte di vari strati di sottili tavole di legno. Oltre ai padiglioni, VGS costruì una torre per l'acqua necessaria per l'esposizione, utilizzando un traliccio a forma d'iperboloide di rotazione.

Il successo dell'esposizione si tradusse in numerose commesse che negli anni



successivi arrivarono alla ditta Bari per la costruzione di capannoni e torri dell'acqua. La fama di VGS travalicò i confini della Russia e sempre più spesso, egli veniva consultato da architetti moscoviti per progetti d'edilizia. Le coperture sospese ebbero un modesto seguito, mentre i gusci reticolari furono impiegati come coperture di capannoni industriali, tra i quali nel 1897, la fabbrica di caldaie Bari ed un capannone per le acciaierie a Vyksa, con un innovativo guscio a doppia curvatura, che è ancora efficiente. Le torri tralicciate ebbero il maggior successo; la loro forma, completamente nuova, data da un iperboloide di rotazione, si poteva ottenere mediante l'impiego di barre dritte poste obliquamente a collegare i due anelli superiori ed inferiori. Erano torri leggere

ed estremamente rigide, di aspetto elegante ed in grado di sopportare in sommità carichi elevati, come nel caso dei serbatoi d'acqua. La torre di Niznij Novgorod sosteneva 114.000 lt ad un'altezza di 25,60 mt. In confronto alle altre torri queste erano più semplici da realizzare e più economiche. Pur avendone standardizzato la produzione, le torri realizzate mostrano una continua varietà formale, legata alla proprietà dell'iperboloide di poter assumere le più diverse varianti formali, variando l'inclinazione delle barre o il diametro dell'anello inferiore o superiore. L'altezza massima di queste torri, ad unica sezione, fu raggiunta dal faro di Cherson, alto 68 mt. senza l'appesantimento del serbatoio d'acqua. Particolare attenzione era posta alle scale realizzate all'interno delle torri. Erano scale a chiocciola e straordinariamente audaci; in genere erano sospese e consistevano in alcune barre a nastro verticali ed in due strisce di lamiera messe di costa e sagomate a chiocciola, tra le quali sono fissati con ribattini i gradini metallici.

Almeno a partire dal 1911, Shukhov ha cominciato a pensare alla possibilità di formare una torre con più sezioni impilate di iperboloidi. L'aumento del numero di sezioni aumenta l'affusolarsi della forma generale, al punto che comincia ad assomigliare ad un cono. Prima del 1918 Shukhov aveva sviluppato questo concetto, che riporta nel progetto dell'antenna per le trasmissioni della radio di Mosca. Shukhov ha progettato una torre di 9 sezioni, alta 350m, che avrebbe sorpassato la torretta di Eiffel in altezza di 50m, usando meno che un quarto della quantità di materiale. Il suo progetto, completo dei calcoli che analizzano la geometria iperbolica e dimensionano i vari elementi strutturali, fu completato entro il febbraio del 1919; tuttavia, le 2200 tonnellate di acciaio richieste per costruire la torre di 350m non erano disponibili. Nel luglio 1919, Lenin decretò che

la torre doveva essere costruita di un'altezza di 150m e l'acciaio necessario doveva essere reso disponibile dai magazzini dell'esercito. La costruzione della torre più piccola con sei iperboloidi, cominciò dopo alcuni mesi e venne completata nel marzo di 1922.

Il legame di VGS con la cultura del suo popolo è stato grande. Le sue opere hanno sempre avuto una valenza sociale.

Nel maggio del 1905, sei giovani ingegneri del Politecnico di Mosca, morirono nella battaglia di Tsusimoy che pose fine alla guerra tra Russia e Giappone (1904-1905) per il possesso della Korea e Manciuria. Il loro Professore P.K. Khudiakov, amico di VGS, volle ricordarli con un libro “ La strada per Tsusimoy” che uscì nel 1907. Una raccolta di saggi, tra i quali spicca quello di VGS, uno dei pochi firmati, e a quanto risulta l'unico suo scritto di natura non tecnica, di cui siamo a conoscenza, ed in cui manifesta una “scomodo” e convinto rifiuto della guerra d'aggressione.

*“La moralità cristiana dei popoli Europei, non permette l'uccisione di altre persone per patriottismo. La guerra è sempre una forma brutale per risolvere problemi tra i popoli, quando non riescono a risolverli pacificamente.”*

I casi della vita lo costrinsero, poco dopo e probabilmente a causa della crisi della ditta Bari, conseguente alla morte del fondatore (1913), ad impegnarsi in commesse militari. Nel 1914 VGS lavora al bacino di carenaggio di Sebastopoli, che diviene un esempio in questo campo prima nella riparazione di navi, poi nella costruzione di mine subacquee, ed in ultimo, fino all'estate del 1917, nell'ambito dei cannoni.

## I progetti e le realizzazioni

La natura lo aveva dotato di una grande quantità e varietà di talenti: progettò iniettori, caldaie, impianti petroliferi, oleodotti, serbatoi per prodotti petroliferi, pompe, torri per acqua, acquedotti, chiatte, fari, ponti ferroviari, parcheggi per bus, miniere, edifici pubblici. Progettò e costruì gli acquedotti delle città di Tambov, Kharkov, Voronezh e tante altre in tutta la Russia, compreso Mosca.

Definito come l'Edison Russo<sup>9</sup>, per la quantità e qualità del suo lavoro pionieristico, è stato il primo a sviluppare metodi di calcolo per la determinazione delle sollecitazioni e deformazioni di travi, piastre e membrane su fondazioni elastiche e a fare studi d'idrodinamica del petrolio. Questi risultati teorici gli permisero di progettare i primi serbatoi per il petrolio raffinato, nonché di calcolare il diametro ottimale, lo spessore e la velocità del fluido negli oleodotti.

Ha progettato chiatte per il trasporto di petrolio, del peso della metà di quanto precedentemente esistente, di lunghezza da 50 a 130 mt. (alla data del 1917 ne aveva costruite 82). Il suo approccio alla progettazione navale, usando un modello di piastra su suolo elastico, è assolutamente nuovo per quel tempo.

Nel campo dell'industria petrolifera ha costruito il primo oleodotto russo, progettato nuovi serbatoi metallici per il petrolio, molto economici per quel tempo, e sua è la fondamentale scoperta della piroschissione e progettò e costruì un impianto per la raffinazione con brevetto internazionale del 1891, ed una delle prime fornaci per l'utilizzo, come combustibile, dei residui di raffinazione, che fino ad allora erano smaltiti senza utilizzo, e che d'allora in avanti saranno conosciuti come “olio combustibile”.

Suo è il progetto di una pompa originale per sollevare il petrolio, che rivoluzionò il settore portando a rendimenti estremamente superiori rispetto al passato.

---

<sup>9</sup> Paragone a tutto vantaggio di Edison

Dal 1885 inizia a lavorare alla costruzione della prima nave cisterna russa, il cui assemblaggio sarà fatto a Tsaritsyn (Volgograd) e Saratov.

Nel 1886 fu bandito il concorso per l'ampliamento dell'acquedotto di Mosca. Nei tre anni successivi VGS con i suoi collaboratori sviluppa un progetto, che essendo il più economico, consente alla ditta Bari di ottenere l'aggiudicazione dal Consiglio Comunale. Tuttavia il Ministero delle Finanze conferì l'incarico ad un'altra ditta, che poi nella realizzazione seguì in parte il progetto di Shuchov.

Nel 1892 costruisce il suo primo ponte ferroviario. Negli anni seguenti 417 dei suoi ponti saranno costruiti in tutta la Russia.

Del 1893 è la costruzione della prima copertura sospesa realizzata in un edificio circolare, sede di una fabbrica di caldaie a Mosca.

Per l'esposizione di Nizhy Novgorod del 1896 progetta e costruisce otto padiglioni in ferro con copertura leggera, a coprire 27.000 mq, una torre dell'acqua con struttura ad iperboloidi che servì da modello per altre 200 strutture simili costruite in Russia ed a migliaia nel resto del mondo.

Ancora poco conosciute sono le sue costruzioni in legno in cui impiega una nuova tipologia, sfruttando le sue cognizioni sulle superfici a doppia curvatura.

Lavora intorno a caldaie e bollitori e nel 1896 inizia la costruzione di innovativi bollitori verticali ed orizzontali.

Nel 1897 costruisce a Viksa, il capannone di una fabbrica di attività metallurgiche, con una volta a graticcio ribassata, che in paragone con le contemporanee coperture costituisce una significativa novità.



Sono di Shukhov, l'innovativa volta in acciaio e vetro dei magazzini **GUM** sulla piazza Rossa di Mosca (1889-94) e quelle del Museo d'arte "Pushkin" (1898-1912) e della galleria Petrovskaya (1903-06); come pure gli enormi archi metallici a formare la volta di copertura del parcheggio dei treni (1908) e quelli della stazione Kievskiy (1912-1917). La colossale hall degli uffici delle Poste centrali di Mosca, fu coperta nel 1912 da una struttura orizzontale tralicciata, che può essere considerato il precursore dei tralicci spaziali sviluppati a partire dal 1940 da Konrad Wachsmann e Max Mengerhausen.

Nel 1900 la sua caldaia a vapore (steam boiler) risultò altamente apprezzata all'Esposizione Universale di Parigi, e VGS ricevette, per questo la medaglia d'oro. Migliaia di queste caldaie verranno costruite negli anni successivi ed alcune sono ancora in funzione oggi.

Nel 1914 VGS lavora al bacino di carenaggio di Sebastopoli, che diviene un esempio in questo campo.

Nel 1919, dietro richiesta di Lenin propone, per la costruzione dell'antenna della radio di stato, una torre iperboloidi di 9 sezioni per un'altezza di 350 mt. La torre fu poi costruita di 6 sezioni per 150 mt, con l'aiuto del suo originale metodo di



montaggio “telescopico”. Nove anni dopo costruisce, in prossimità del fiume Oka, sei tralicci per l’alta tensione, alti fino a 120 metri, in cui riuscirà a migliorare ancora la leggerezza eterea di queste strutture.

Nel fervido clima del **costruttivismo russo**, ha realizzato alcuni progetti in collaborazione con l’architetto Konstantin Melnikov, tra cui il garage per pulmann Bakhmetevsky.

A Mosca ha anche progettato il palco rotante di un teatro.

L’ultimo suo lavoro ingegneristico è stato il restauro di una delle perle dell’architettura dell’Asia centrale, il minareto della famosa Madrasah Ulugh Beg del XV secolo, a Samarcanda, che era stato danneggiato da un terremoto. Nel 1932 furono trovati i fondi per salvare la torre e Vladimir vinse con il suo progetto di restauro, che come al solito si basava su un’idea stupefacentemente semplice e bella. Attraverso l’uso di un sistema a bilancere, il 7 gennaio 1932 ebbe inizio il raddrizzamento del minareto, che si completò in tre giorni, con grande successo, senza che *“non un frammento di mattone ne una nuova crepa nel fusto del minareto”* si formassero.

Tra il 1878 ed il 1939, nei territori dell’Impero russo e poi dell’Unione Sovietica su progetto di VG Shukhov sono stati costruiti:

- circa 1.600 chilometri di condotte per il trasporto di petrolio e prodotti petroliferi;
- più di 10.000 serbatoi cilindrici in acciaio per petrolio e prodotti petroliferi;
- oltre 100 serbatoi cilindrici in acciaio per lo stoccaggio del gas;
- circa 90 navi cisterna fluviali (chiatte olio);
- più di 8000 caldaie sistema Shukhov;
- più di 500 ponti in acciaio;
- oltre 200 torri di acciaio iperboloidi;
- più di 100 progetti di edifici industriali e ferroviari;
- oltre 100 coperture di edifici pubblici e di edifici civili.

L’enorme lavoro di VGS si può riassumere in una parola: **SUPERLATIVO**.

Nella greca antica l’arte era chiamata “tehne” e significava un’alta abilità tecnica unita ad una visione artistica. L’aspetto tecnico ed artistico erano inseparabili, come nel lavoro di Vladimir Grigorevich Shukhov.



## Il lavoro nell'industria petrolifera

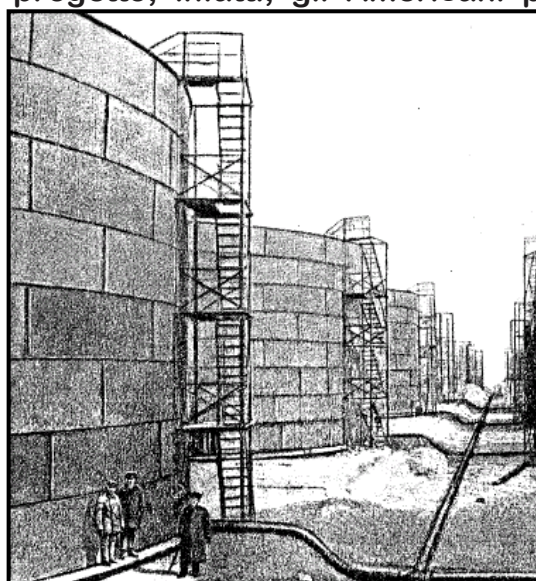


Nel 1877 venne aperta a Bakù (in Azerbaijan sul mar Caspio), una succursale della società di ingegneria e costruzioni Bari, il cui quartier generale era a Mosca. Il fondatore ed il proprietario dell'azienda era il giovane e brillante manager, Alexander V. Bari, mentre l'ingegner Vladimir G. Shukhov ne era il direttore tecnico principale dell'azienda.

La tecnologia petrolifera era allora molto primitiva, tanto che il petrolio estratto veniva stoccato in fosse aperte e trasportato in barili su carri trainati da cavalli, fino alle navi. Dal petrolio si estraeva cherosene per l'illuminazione e masut come combustibile, mentre la benzina si volatilizzava<sup>10</sup>. Bari e Shukhov introdussero numerose nuove idee ed usarono nuovi strumenti e nuove tecnologie. Iniziarono a lavorare per conto dell'azienda dei Fratelli Nobel, che era molto attiva nel mercato petrolifero a Baku. Da subito si resero conto che il problema chiave dell'azienda dei Nobel era il trasporto del petrolio dai pozzi alla raffineria. Elaborarono un progetto ed ottennero il contratto dai Nobel, per la costruzione di un oleodotto dai campi di Balakhany alla raffineria posta in Cherny Gorod. Dopo la firma del contratto, il venticinquenne V.G.Shukhov ottenne la completa libertà di azione nel progetto e nella costruzione della condotta. E' il primo ingegnere russo che ha progettato un oleodotto e che lo vede diventare realtà. Il viaggio di VGS in America, ha certamente influenzato questo progetto, infatti, gli Americani per primi avevano costruito le raffinerie non vicino ai pozzi, ma dove vi erano mercati, commerci ed infrastrutture.

I tubi per l'oleodotto furono importati dall'America, perché la loro qualità, il basso prezzo ed i brevi termini di consegna, gli fecero vincere la concorrenza. La lunghezza prevista dell'oleodotto era di circa 10 chilometri ed il diametro del tubo di 76 millimetri.

La costruzione della condotta incontrò l'opposizione delle ditte che eseguivano i trasporti ed in generale di tutto l'indotto che veniva danneggiato da questa nuova opera. Un incendio doloso rallentò le operazioni di costruzione ma Shukhov ed i suoi superano



<sup>10</sup> L'invenzione del motore a benzina è del 1883.

le difficoltà ed il primo oleodotto russo venne terminato nel 1878.

L'azienda dei fratelli Nobel riceve ben presto commesse di trasporto anche da altri proprietari di pozzi ed il costo dell'oleodotto si ammortizza velocemente.

La ditta Bari riceve ordini per la costruzione di nuovi oleodotti. Già in 1879, viene iniziato il secondo oleodotto Balakhany - Cherny Gorod, (12.9 Km, 70mm diam.), e dopo di questa altre tre nuove condutture vengono messe in cantiere<sup>11</sup>. Tutti questi oleodotti furono progettati e costruiti da V.G. Shukhov.

Nel 1879, Shukhov va a dirigere l'ufficio progetti della casa madre della ditta Bari a Mosca.

Nel 1881 pubblica il suo lavoro "Oleodotti e loro uso nell'industria petrolifera", che rimarrà per molti anni il miglior testo in materia per la progettazione di oleodotti. In questo lavoro Shukhov descrive la dipendenza fra consumo di liquido e lo spessore delle tubazioni, riporta le sue formule per determinare il migliore diametro della conduttura, la velocità del liquido, lo spessore ottimale delle pareti del tubo. Egli inventa un metodo grafico-analitico di organizzazione delle stazioni di pompaggio intermedie, che è ancora in uso.

Nel 1880 primo al mondo, VGS progetta un ugello che permette di bruciare l'olio combustibile (masut), fino ad allora considerato un prodotto da rifiuto e smaltiti senza utilizzo. Progettò inoltre una originale pompa per il petrolio, che rivoluzionò il settore portando a rendimenti estremamente superiori rispetto al passato.

Nel seguito perviene a quella che sarà una scoperta fondamentale nel settore petrolifero: la piroschissione (oil craking), progettando un impianto con brevetto internazionale del 1891.

L'azienda Bari, oltre che nella progettazione e costruzione di oleodotti realizza, a partire dal 1881, più di 130 serbatoi d'acciaio per i prodotti petroliferi tutti progettati da Shukhov ( più di 20.000 fino al 1917). VGS infatti, progettò nel 1878 un nuovo tipo di serbatoi in ferro per il petrolio, molto economici per quel tempo. Rispetto ai pesanti serbatoi di lamiera rettangolari usati negli USA, i nuovi serbatoi di VGS di forma cilindrica e con la base calcolata come una membrana su suolo elastico, con pareti di spessore differenziato, si manifestarono subito convenienti. Tutti i serbatoi vennero standardizzati, e la produzione assunse una specie di procedimento a catena, con l'impiego di squadre specializzate e di sagomari di riferimento. In seguito Bari iniziò anche la produzione in serie di serbatoi per acqua, acidi, etc. Alcuni di questi serbatoi sono in uso ancora oggi.

Mentre lavora nel reparto di ricerca, Shukhov crea una teoria scientifica per la costruzione ed il funzionamento degli oleodotti. Il risultato di questo lungo e laborioso lavoro porta alla pubblicazione di "Oleodotti" nel 1884<sup>12</sup>. In questo e nei suoi successivi lavori, Shukhov sarà il primo a studiare il movimento del petrolio grezzo e dell'olio pesante riscaldato, lungo i tubi, che costituiranno le basi dello studio dell'idraulica degli oleodotti.

Nel 1883, la lunghezza totale degli oleodotti nella regione di Baku era di 96 km, e le condutture avevano quasi spodestato tutti gli altri mezzi di trasporto del petrolio. Nella zona petrolifera di Grozny invece, fino al 1894, il trasporto avveniva con carri trainati da cavalli. Nel settembre del 1895 viene iniziata, su progetto di V.G.Shukhov, la costruzione di un oleodotto da cinque pollici per collegare la zona dei pozzi petroliferi con le raffinerie di Grozny.

V.G. Shukov si occuperà anche del grande oleodotto transcaucasico Baku-Batumi (in Georgia, sul mar Nero). E' del 1885 un suo studio per la fattibilità

<sup>11</sup> Balakhany - Surakhansky Zavod, Surakhansky Zavod - Zykhsakaya Kosa e Balakhany - Cherny Gorod

<sup>12</sup> Pubblicato su: Vestnik Promyshlennosti

dell'intervento, che verrà poi realizzato in un lungo lasso di tempo<sup>13</sup>, per le enormi difficoltà economiche di un'opera di questa grandezza.

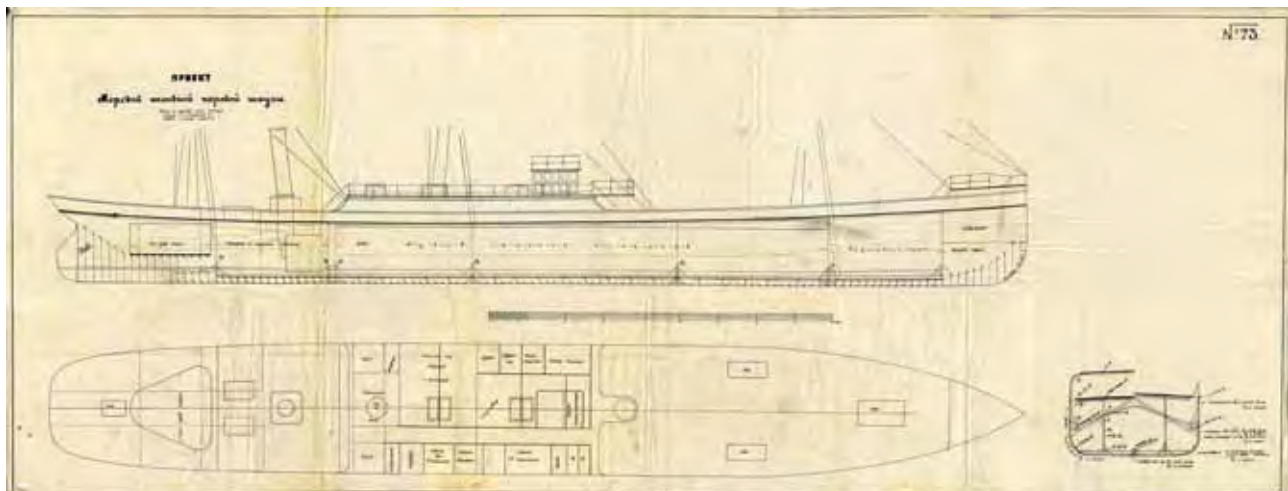
V.G.Shukhov si occuperà ancora di oleodotti in qualità di capo della Commissione statale dell'industria petrolifera.

Del 1928 è la costruzione del suo ultimo oleodotto Grozny-Taupse di 618 km.

La rete ferroviaria della Russia Meridionale non era ancora sufficientemente sviluppata e per trasportare il petrolio al nord, venivano usate le grandi vie d'acqua, con l'impiego di grandi chiatte, simili a navi che venivano trainate con difficoltà. Si apriva un settore di sviluppo per la ditta Bari e gli studi di VGS si indirizzarono prevalentemente alla costruzione di chiatte per il trasporto di petrolio lungo il Volga, che a quel tempo era interessato da promontori e da numerosi piccoli guadi. Le chiatte progettate da VGS, del peso della metà delle preesistenti, si basavano su un nuovo approccio molto sofisticato, che considerava un modello di piastra su suolo elastico, assolutamente nuovo per quel tempo. Le chiatte avevano la sagomatura adatta alle correnti e con scafi estremamente piatti e lunghi, che arrivarono fino a 150 metri, ed erano molto agili per la loro forma studiata appositamente per i bassi fondali e resistenti avendo VGS incluso le pareti divisorie tra le strutture portanti. Il montaggio avveniva con programmazione industriale, attraverso l'uso di elementi standardizzati, nei cantieri navali delle città di Tsaritsyn ( Volgograd) e Saratov, poste sul Volga.

Shukhov, costruì, a partire dal 1885 la prima nave petroliera russa<sup>14</sup>.

All'età di 79 anni VGS fu testimone della realizzazione di un suo progetto giovanile, l'impianto di raffinazione del petrolio "Sovietskij Kreking" fu inaugurato nel 1932 a Baku in sua presenza.



<sup>13</sup> Alcune fonti lo danno nel 1907 come progettista ed ingegnere capo dell'oleodotto Baku-Batumi di 883 km

<sup>14</sup> La prima petroliera tedesca d'alto mare è del 1886.

## **Sapore cattivo, ma brucia bene**

Shukhov non era solo un brillante ingegnere, ma anche un audace inventore: ha progettato il primo impianto industriale per la cracking termico di petrolio, ha ideato il procedimento ancora oggi utilizzato per il trasporto di petrolio mediante pompaggio in aria o acqua, e progettato un serbatoio dell'olio cilindrico, che si è rivelata un successo mondiale fin dal primo giorno. Inoltre, Shukhov ha costruito la prima petroliera con una capacità di 12.000 t.



Shukhov ha iniziato la sua carriera a Baku, l'attuale Capitale dell'Azerbaijan. Questa era una regione che, dai racconti di Marco Polo di seicento anni prima, risultava avere tanto olio che, sebbene inadatto al consumo era il meglio per bruciare. Nel 1877 fu nominato ingegnere capo di una società specializzata in progetti innovativi. Così l'uomo giusto al momento giusto nel posto giusto, è stato contattato uno giorno dai fratelli Ludvig e Robert Nobel: i due avevano appena deciso di acquistare una raffineria e di entrare in affari su larga scala e quindi entrare in concorrenza con la American Oil.

A quel tempo nei giacimenti petroliferi vi erano condizioni caotiche. Un particolare motivo di fastidio per l'agile azienda dei fratelli Nobel era il fatto che il carrettiere che trasportava il petrolio in botti aveva più potere dei produttori stessi. Shukhov era considerata a quel tempo uno specialista nel calcolo delle capacità portanti delle travi di ferro, travi portanti e membrane e nel 1876 gli è stato pertanto commissionato dai Nobel di studiare il diametro del tubo e spessore ottimale per un oleodotto.

Shukhov avuto l'idea di trasferire il principio delle condutture per l'acqua al petrolio e ha cercato tubi in metallo affidabili che fossero in grado di sopportare la pressione del petrolio. E lo ha fatto con successo. Nel 1878 Branobel ha aperto il primo gasdotto nel mondo - hanno trasportato petrolio su una distanza di dodici chilometri da Balkany vicino a Baku fino a Cherny Gorod. Solo cinque anni più tardi questo oleodotto è stato prolungato di 82 km. Poi nel 1904 è stato costruito il primo oleodotto tra Baku e Batum - la sua lunghezza di 800 km è stato un record mondiale.

Progetta poi i serbatoi cilindrici, più semplice ed economici di quelli rettangolari americani. Anche il montaggio è organizzato, ed i vari elementi standardizzati, con una notevole diminuzione nei tempi, nelle condizioni di lavoro e nel risultato.

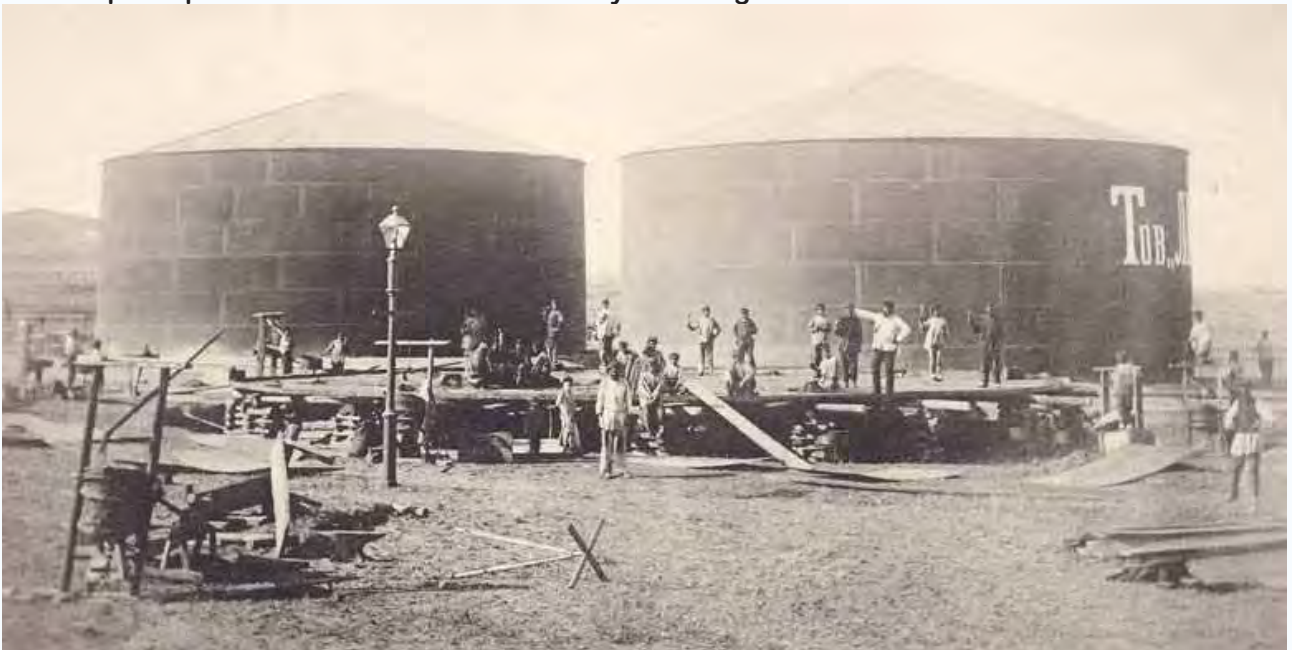
Branobel ha anche risolto un altro dei problemi del tempo. C'era un forte desiderio di portare petrolio russo sul mercato americano, ma questo non era molto economico con botti tradizionali. Il trasporto dei serbatoi di Shukhov sulla nave. Il capitano, dopo che la nave si era inabissata ha spiegato: "La difficoltà era che l'olio sembrava muoversi più velocemente dell'acqua e quando la nave si è inclinata in avanti durante la tempesta, l'olio ha girato verso il basso e pressato la nave tra le onde ". Il team Shukhov-Nobel ha risolto il problema della zavorra ballerina riempiendo alcuni dei serbatoi con acqua, e nel 1878 il primo carico di serbatoi di petrolio salpò nel Mar Caspio. Un decennio più tardi queste navi erano in grado di attraversare l'Atlantico senza difficoltà.

In soli due anni Shukhov rivoluziona l'industria tecnologica del petrolio, inventato nuovi sistemi di produzione, adeguato le installazioni esistenti, creato una serie di brevetti e metodi di calcolo che ancora persistono nel settore.

1881 Deposito per petrolio a Konstantinov sul Volga, in partnership con la "VI Ragozin and Co"



1882 Depositi per rifornimento battelli a Tsaritsyn sul Volga



1886 Partenza dell'oleodotto di 3 km a Batumi, dal deposito J. Nashauera



Nel 1885 comincia a progettare e costruire le prime navi petroliere russe. L'esecuzione era programmata con precisione, utilizzando sezioni standardizzate, nei cantieri navali di Tsaritsyn (Volgograd) e Saratov.

L'anno dopo studia processi e macchinari per la raffinazione con recupero del calore. Insieme con l'ingegnere Phil Inchikom, nel 1888, ottiene il brevetto (n.13.200) per l'invenzione della distillazione in continuo di olio e la costruzione dell'unità per svolgere questo processo, migliorato poi l'anno dopo ( Brev, 9783).

Nel 1891, insieme con l'ingegnere S. Gavrilovs, l'ulteriore brevetto numero 12926 per l'invenzione: "Dispositivo per distillazione continuo frazionata di fluidi petroliferi, ecc e per la produzione in continuo di gasolio e dei suoi sottoprodotti"

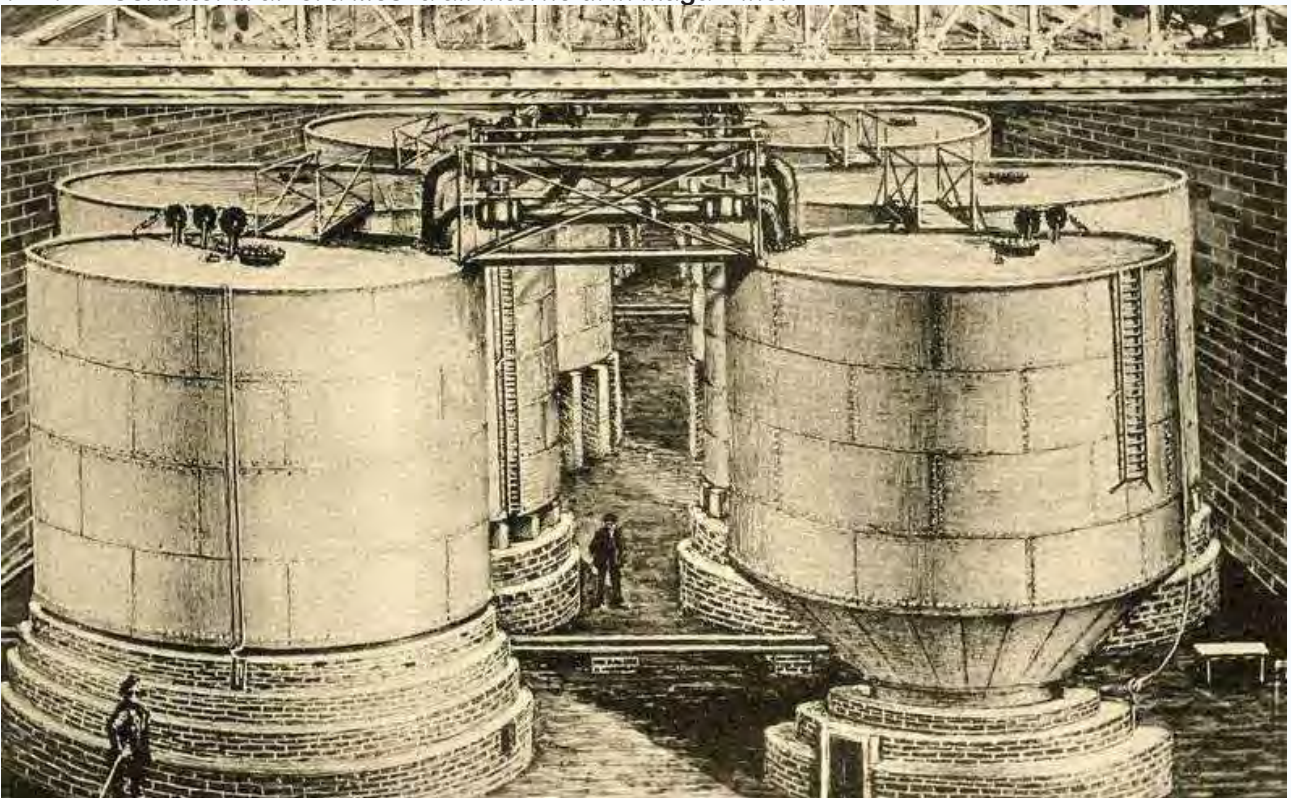
1887 Progetto di navi petroliere (lunghe 72 m larghe 12 m) da 50.000 pounds (22,6 ton) di kerosene, per la compagnia "Caucasus and Mercury".



1889-90 Apparato per la distillazione del petrolio grezzo; patnership tra AV.Bari e SM Shibaev, a Baku. Ogni unità lavora oltre 15.000 ton. al giorno.



1891-92 Serbatoi di alcol a Mosca all'interno di in magazzino.





### 1892-94 Costruzione di navi per il trasporto del petrolio



### 1885-92 L'acquedotto di Mosca

Nel dicembre 1885, grazie all'iniziativa del governatore Nikolay Alekseyev, la Duma prende la decisione di costruire un nuovo sistema di approvvigionamento idrico della città. Inizialmente vengono invitati specialisti stranieri, ma i loro progetti vengono respinti per motivi tecnici ed economici.

N. Alekseev ha poi chiesto all'Ufficio della Bari un progetto per la fornitura di acqua a Mosca. Shukhov aveva partecipato alla progettazione e costruzione di sistemi di approvvigionamento idrico a Kuznetsk, Syzran, Zhitomir (1883), Buzuluk, Samara, Serpukhov, Odessa (1884), Kaluga, Nakhichevan e Tsaritsyn (1885). Era famoso tra gli specialisti per il progetto di approvvigionamento idrico di Tambov (1883), progettato in collaborazione con N. Zimin su ordine del capo dell'amministrazione locale. Un progetto che forniva 60.000 secchi d'acqua al giorno.

Shukhov ed i suoi assistenti, E. Knorre e K. Lembke, lavorano al progetto per circa due mesi ed impostano una campagna di indagini geologiche ed idrogeologiche che li impegna da agosto 1887 a marzo 1888. Risulta che la possibilità di prelievo d'acqua dal sottosuolo non è sufficiente e necessita installare una presa d'acqua nel tratto superiore del il fiume Yauza vicino a Bogorodsk. Il progetto definitivo viene inviato per l'approvazione nel mese di giugno. Il progetto è stato approvato dal Ministero dei Trasporti nel mese di febbraio 1889. Tuttavia, il Comitato di controllo sull'approvvigionamento idrico richiede una riduzione dei fondi per la costruzione. Viene quindi appaltato un lavoro ridotto (da 3,5 a 1,5 milioni di secchi d'acqua al giorno) ed il nuovo sistema di approvvigionamento idrico entra in funzione nel mese di ottobre 1892.

Ben presto però le autorità si accorgono dell'insufficienza delle forniture e della necessità di un aumento ai valori previsti da Shukhov. I lavori riprendono quindi per attuare il progetto completo ed anche la ditta Bari vi partecipa nella Stazione di pompaggio Rublevskaya e nei serbatoi rivettati in dotazione per le torri d'acqua. Per l'impegno e la capacità dimostrata le autorità consegnano una medaglia d'oro a Shukhov. La sua partecipazione, nel marzo 1893, al primo congresso russo sull'approvvigionamento idrico è seguita con grande interesse e la pubblicazione del lavoro fatta a cura della Duma va subito esaurita, come pure, poco dopo, la riedizione a cura della ditta Bari.

Il progetto di Shukhov per l'acquedotto di Mosca è archiviato all'Accademia Russa delle Scienze.

### 1891-1893 GUM

Nel XVII secolo nel luogo, che ora occupa il GUM, era concentrata quasi tutta la vendita al dettaglio ed all'ingrosso metropolitano. Gruppi di carri si riuniscono in questo vivace quartiere dove i negozi, spesso di legno, si opprimono l'un l'altro.

Il Cremlino e la Piazza Rossa, separata dal caos quotidiano l'acquisto di una struttura in pietra a due piani con una galleria di negozi, che nella seconda metà del XIX secolo cessò di soddisfare le esigenze del tempo, cominciando a decadere e disintegrarsi. Nel 1869, la Duma ha sollevato la questione della demolizione dei vecchi negozi e la costruzione di nuovi. I negozianti si sono associati in una società con un capitale di 9,4 milioni di rubli, che il 15 Novembre 1888 ha annunciato il concorso nazionale per la progettazione del palazzo dei file superiori Trading. Il primo premio di 6000 rubli fu assegnato al progetto dell'architetto russo Alexander Nikanorovich Pomerantseva, innovatore e sostenitore dell'ecletticismo. In suo progetto, ha unito l'armonia lineare classica, arredamento lussureggiante in stile russo e progettazione ingegneristica avanzata con i soffitti a volta progettati da VG Shukhov .

Il 2 Dicembre 1893 il centro commerciale con due edifici, una strada sotterranea, riscaldamento centralizzato e una propria centrale elettrica è stato inaugurato Shukhov progetta la copertura, realizzando una volta a botte di vetro che, attraverso un sistema di tiranti, gli permette di coprire la grande lunghezza delle gallerie, con un solo pezzo, dove le vertebre sono pure linee strutturali della stessa dimensione, senza perdere il ritmo, esponendo un elegante continuità, e sopportando in molti casi un elevato carico di neve, che confermò il successo del sistema.

Una copertura elegante e leggera, che sembra quasi una ragnatela, ottenuta con arcate reticolari composte da piccoli elementi e sottili tiranti del diametro di circa 1 cm, che lavorano solo in tensione - il miglior tipo di sforzo per il metallo, ed il cui funzionamento sarà spiegato rigorosamente da Shukhov in uno scritto del 1897 in cui evidenzia come tutti gli elementi strutturali sopportano il carico come un corpo unico coerente.





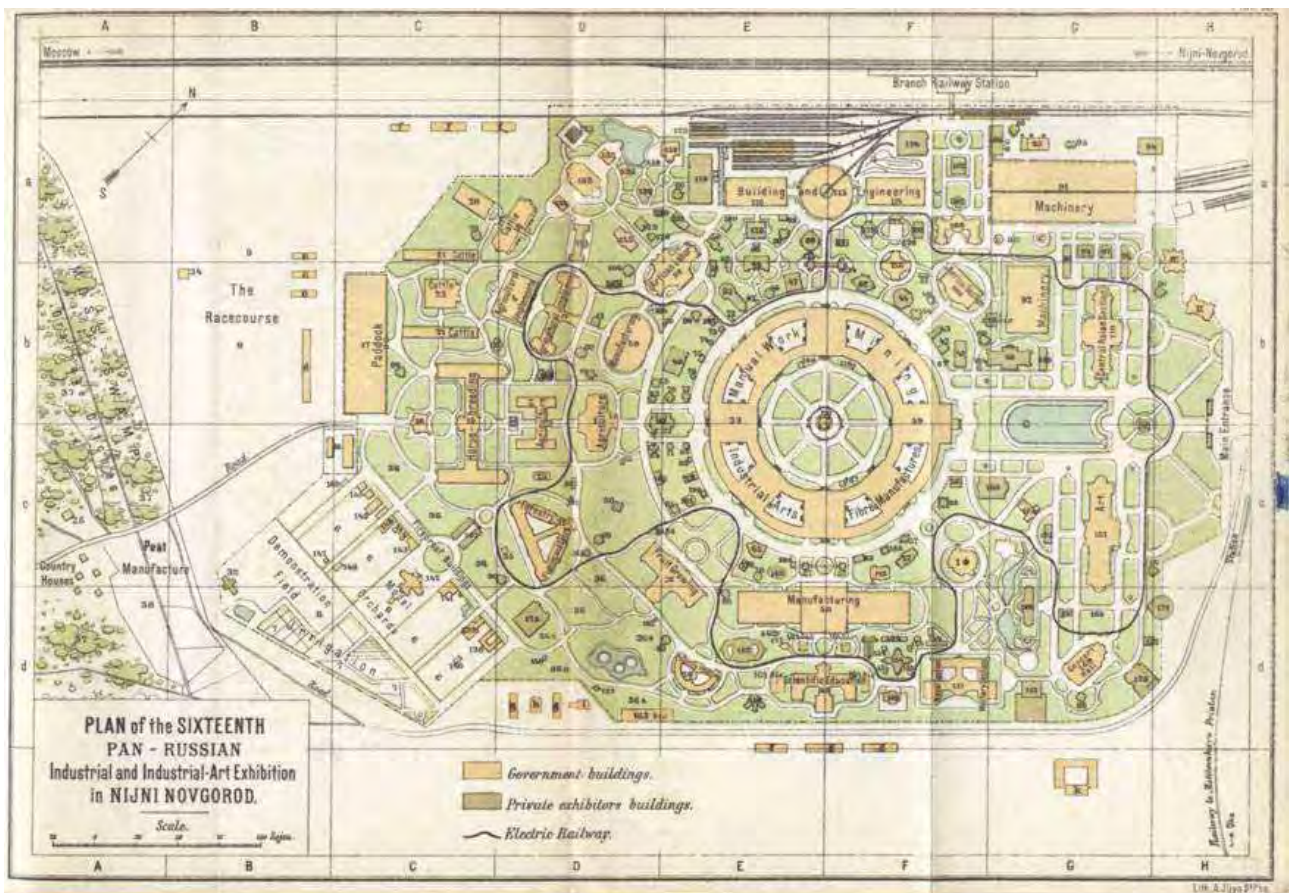
NOUVELLE GALERIE. TRAVAIL EN COURS

## 1896 Nizhny Novgorod

L'esposizione di Nizhny Novgorod è stata promossa dall'imperatore Nicola II e si è svolta dal 28 maggio al 1 di ottobre ed è stata la più grande mostra della Russia pre-rivoluzionaria. Insieme con la mostra si è tenuto il Congresso degli industriali Russi.

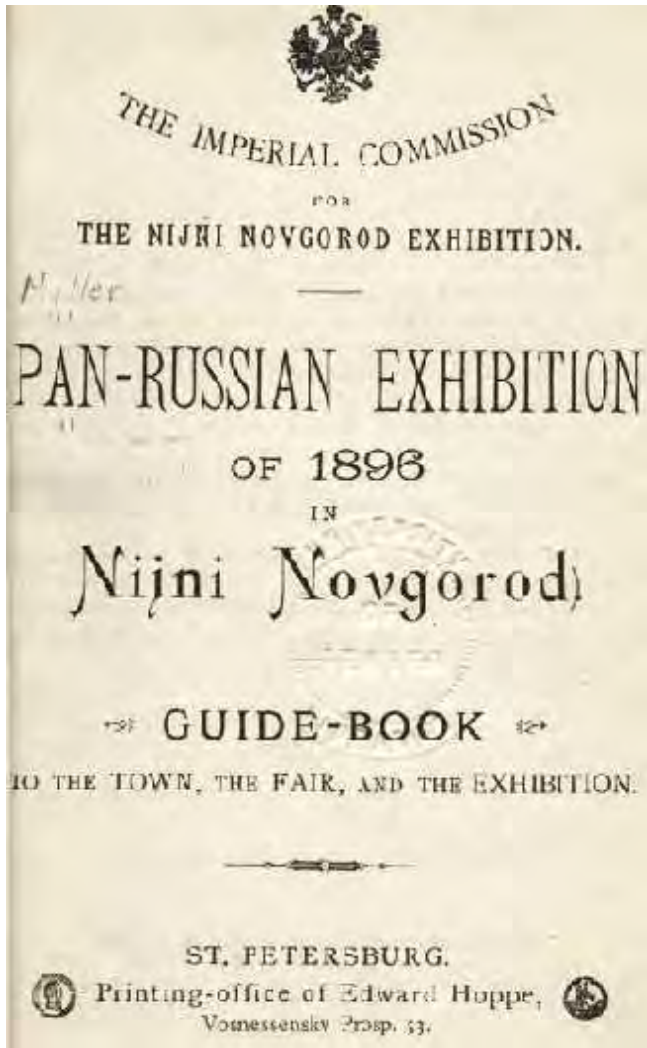
L'antica città di Nizhny Novgorod si trova a 420 km ad est di Mosca, alla confluenza del fiume Oka nel Volga.

La città antica, sdraiata sul crocevia di rotte commerciali: il fiume e terra, è stata a lungo famosa nel mondo per la sua fiera



L'esposizione del 1896 ha presentato le migliori realizzazioni del boom industriale russo appena cominciato: la prima torre a traliccio iperboloidi del mondo e le prime coperture di rete in acciaio appeso del mondo (8 padiglioni espositivi con superficie totale di 25.000 metri quadrati) su progetto di Shukhov (brevettati nel 1894, 1895, 1896, 1899); oltre a molte altre invenzioni: la prima radio al mondo (indicatore tempesta) la prima auto progettata in Russia e realizzazioni artistiche.

I principali padiglioni governativi sono appaltati alla Bari, che ha vinto offrendo il progetto e la costruzione in cambio della proprietà ad esposizione ultimata. Sorprendono le geniali strutture di Shukhov. Mai viste prima. Sfrutta l'occasione straordinaria di poter sperimentare soluzioni innovative, come in laboratorio. Il sostegno di Bari è completo e si assume il rischio degli appalti .



Alla mostra furono presentate da AV Bari - Shukov la prima torre per acqua con struttura iperboloidi di acciaio e le prime coperture metalliche a rete sospese ed a volta a graticcio, in 8 padiglioni per un'area totale di 25.000 mq.

VGS per la prima volta al mondo realizza delle coperture sospese e delle volte a graticcio.

Fino al 1890 egli crea solo coperture con leggeri archi reticolari, a formare una volta vetrata, che ancora oggi coprono eleganti edifici, come la stazione Kiever, i magazzini GUM e la galleria Petrovsky e tanti altri a Mosca<sup>15</sup>.

Intorno al 1880, Shukhov comincia a pensare alla realizzazione di coperture con l'uso del minore materiale, tempo e lavoro.

I suoi progetti sono derivati, molto probabilmente da una sua sintesi originale, del lavoro del matematico Pafnuty Chebyshev sulla teoria delle migliori approssimazioni di funzioni e di quello, sulla geometria non euclidea, del matematico Nikolai Lobachevsky.

Applicando le sue abilità analitiche alla superficie con doppia curvatura scoperta da Lobachevsky e chiamata "iperboloidi", Shukhov ottiene una famiglia di equazioni che lo hanno condotto ai nuovi sistemi strutturali e di costruzione, conosciuti come iperboloidi di rotazione e paraboloidi iperbolici. Lo studio di strutture metalliche di minore peso, a parità di resistenza, l'aveva portato alle superfici curve grigliate.

Tali superfici possono essere distorte geometricamente senza perdere le loro caratteristiche formali e possono essere trasformate con continuità in altre superfici regolari. E' il caso dell'iperboloidi di rotazione e del cilindro. Nel lavoro di VGS l'iperboloidi di rotazione riveste un ruolo particolare, essendo stato usato anche per la costruzioni delle torri in un incredibile numero di varianti e per differenti scopi.

Del 1893 è la costruzione della prima copertura sospesa in un edificio circolare della fabbrica di caldaie Bari a Mosca.

Queste coperture grigliate o sospese, sono un nuovo tipo di strutture portanti. Per la prima volta VGS realizza una copertura sospesa che verrà riproposta solo molte decenni dopo. Anche a paragone con le volte di metallo realizzate in quel tempo, le sue volte grigliate, formate solo dall'assemblaggio di un unico elemento base, rappresentano un significativo salto in avanti.

<sup>15</sup> Alcuni e non pochi sono però in pessimo stato di conservazione ed altri rischiano di essere demoliti dagli interessi dei "nuovi potenti", per far posto al bisogno di speculazione

Durante l'esposizione di Nizhny Novgorod del 1896 VGS presentò al pubblico le sue nuove strutture di copertura. In totale furono 8 i padiglioni coperti con le innovative strutture. Una di esse, con grigliato sospeso, aveva la finitura fatta di sottili piastre di stagno (latta) mai usata prima.

Le coperture ad iperboloidi dei padiglioni della mostra di Nizhny Novgorod, sono i primi esempi "pubblici" del nuovo sistema inventato da Shukhov. I tetti di questi padiglioni sono superfici a doppia curvatura formate interamente da una grata di ferri ad L e da barre piatte. Shukhov stesso li ha denominati "merletti di ferro".

Le coperture a rete sospese di VGS sono ancora oggi un esempio insuperato del felice connubio tra creatività ed ingegneria, con l'utilizzo di semplici elementi standardizzati a formare una griglia a rombi, che permette la posa del manto sulla rete, risparmiando l'impiego di arcarecci, che costituiscono una parte consistente del peso totale della copertura. Per assorbire le spinte VGS utilizza sottili barre d'acciaio, impiegate con inusuale talento, anche nelle coperture curve grigliate, semplici ed eleganti.

Shukhov inoltre aveva rivolto la sua attenzione, allo sviluppo di un sistema strutturale efficiente e facilmente costruibile, per le torri da acqua. La soluzione gli è stata ispirata, osservando un cestino da ufficio, in vimini. La soluzione di VGS ha preso la forma di un iperboloidi di rotazione: una superficie a doppia curvatura non-euclidea costruita con una leggera rete di barre diritte di ferro ad L e U.

La forma della torretta è notevolmente simile a quella della pseudosfera, usata per illustrare le spiegazioni di Lobachevskii del postulato di Euclide delle parallele.

### La torre iperboloidi

La struttura alta 25,6m con un diametro inferiore di 11m ed uno superiore di 4.3m consisteva di 80 elementi ad L di acciaio con anelli intermedi orizzontali. La struttura, estremamente leggera ed in filigrana serviva da torre per l'acqua combinata con una piattaforma panoramica ed ha attirato l'attenzione del pubblico e della comunità degli ingegneri.

*"La superficie reticolare che forma la torre è costituita da pezzi di legno dritto, bastoni, tubi di ferro, canali o angoli, basati su due anelli, uno sopra l'altro nella parte inferiore della torre, all'incrocio le travi, tubi e angoli sono fissati insieme. Disegnata questa maglia*



*forma un iperboloide di rotazione, che passa sopra la superficie di una serie di anelli orizzontali. Una torre costruita con questa struttura è robusta, resiste bene alle forze esterne con un significativo minor costo del materiale.*

Shukhov ha costruito la sua prima torre dell'acqua, per l'esposizione del 1896. Nel corso dei venti anni successivi, ha progettato e costruito circa duecento di queste torrette, tutte diverse, la maggior parte con le altezze nella gamma dai 15m - 40m. La struttura della torre, presentata nell'esposizione, era un traliccio d'acciaio della forma di un iperboloide di rotazione; una forma nuova mai usata prima. VGS brevettò questo tipo di costruzione poco prima dell'esposizione. Essa permetteva di creare una superficie grigliata attraverso l'utilizzo di semplici barre rettilinee poste inclinate, a collegare i due cerchi alla base ed in sommità, Il risultato è una struttura leggera e rigida. La torre dell'esposizione era alta 25,6 mt e portava in sommità un serbatoio d'acqua della capacità di 114.000 litri, che servì ad approvvigionare tutta l'esposizione.

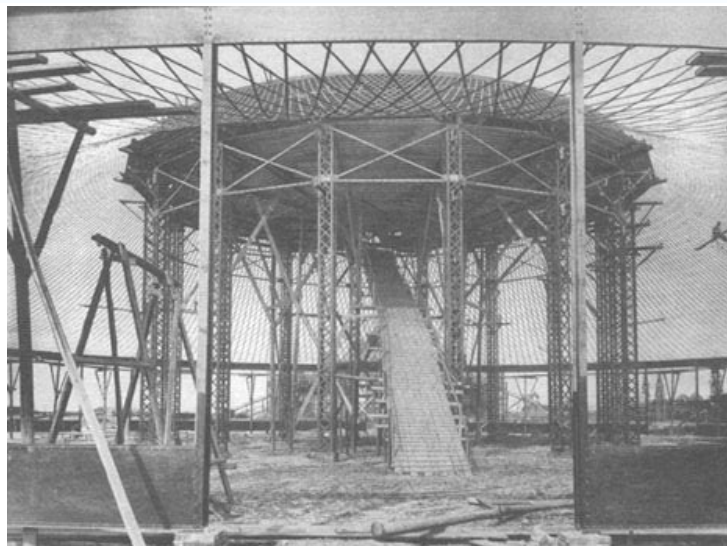
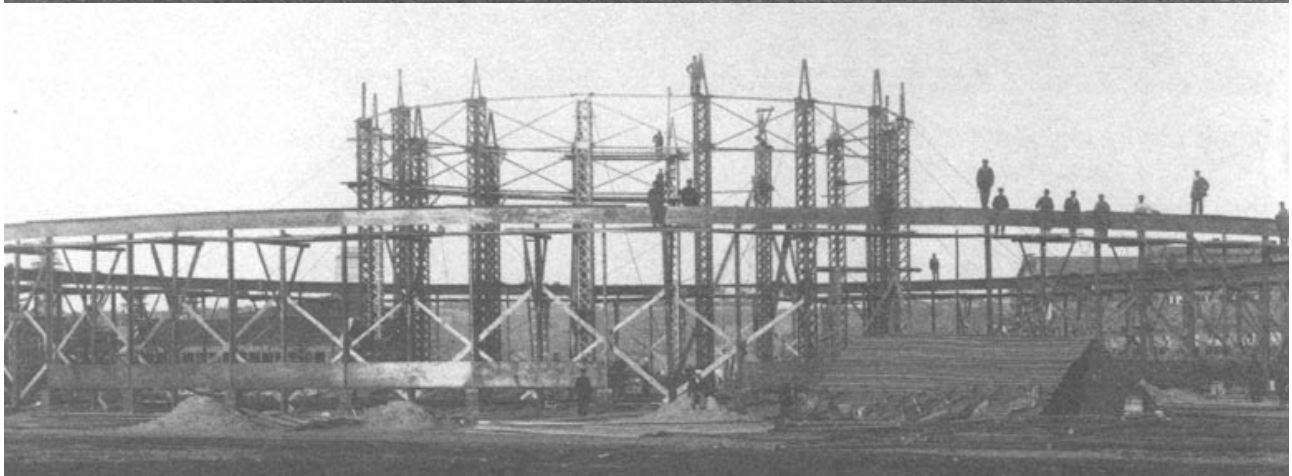
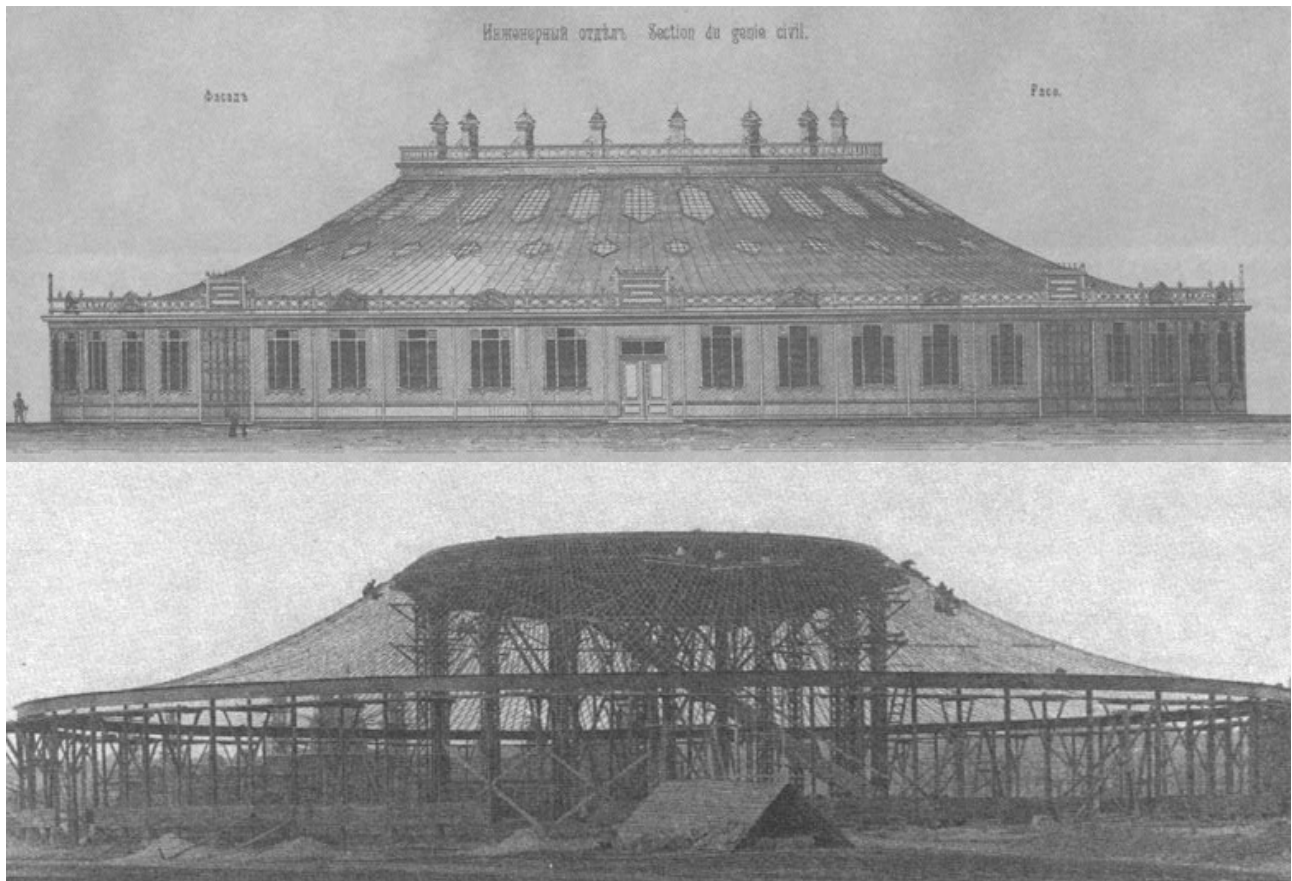
A fine mostra la torre fu acquistata da un ricchissimo proprietario terriero<sup>16</sup>, che la installò nella sua proprietà a Polibino, vicino a Lipeck, per l'innaffiamento dei giardini, dove ancora oggi si trova, anche se in pessimo stato di conservazione. Le costruzioni di VGS ebbero enorme risonanza e la stampa estera riportò in dettaglio le strutture di VGS, a cui giunsero copiosi gli ordini negli anni seguenti, per torri, volte, etc.



---

<sup>16</sup> Barone Nechaev Mal'cev

## La rotonda e gli altri padiglioni





La rotonda e l'adiacente edificio a pianta rettangolare



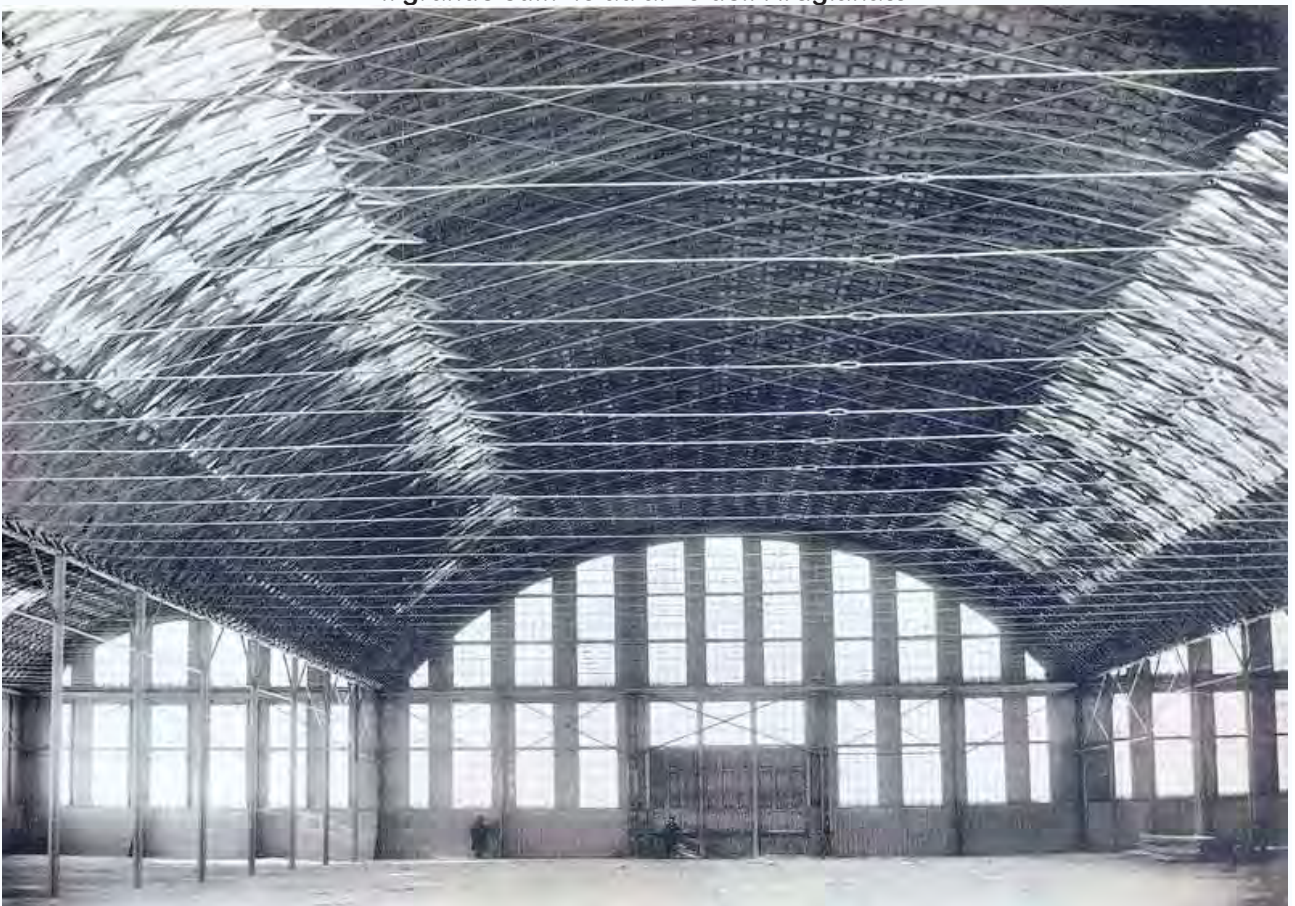
L' edificio della direzione delle Ferrovie



La struttura dell'edificio della direzione delle Ferrovie



Il grande edificio ad arco dell'Artigianato



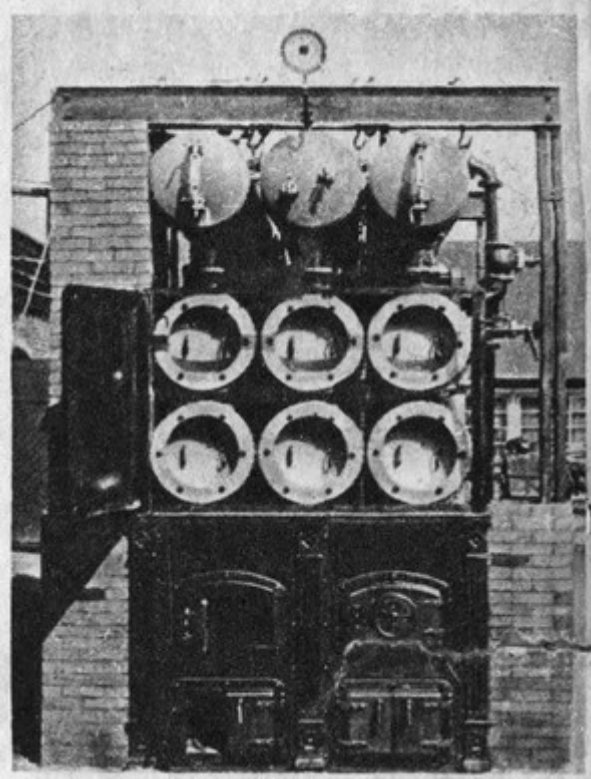
Sullo sfondo la torre in costruzione



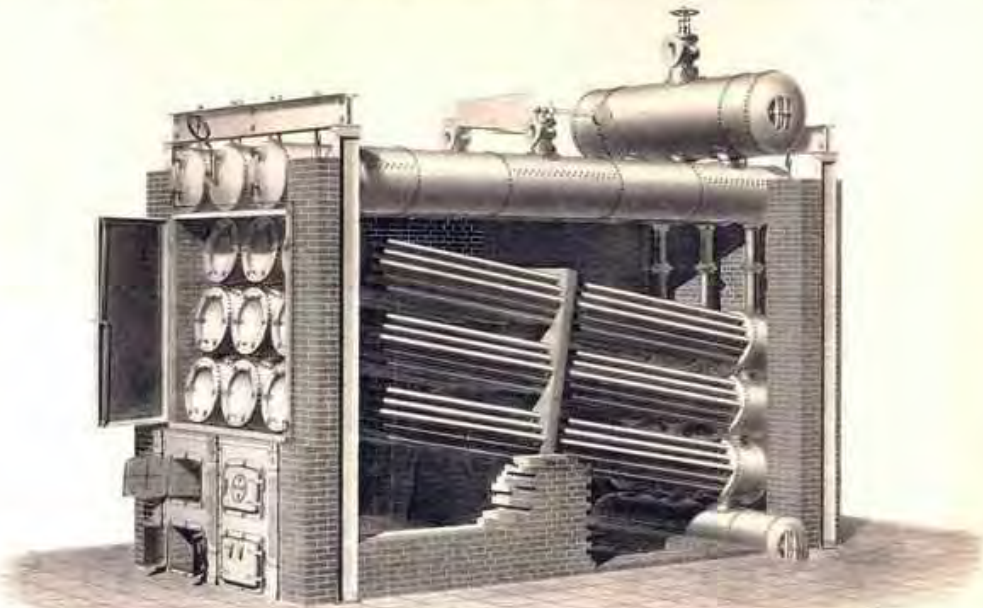
## 1896 Le caldaie Shukhov

Diffuse in Russia e conosciute come "caldaie Shukhov". Sono a caldaie a tubi d'acqua nelle versioni con tubi orizzontali e verticali progettate da Shukhov nel 1890, consistenti in tubi bollenti diretti separati in gruppi. Le caldaie Shukhov erano a basso costo, in quanto a basso contenuto di metallo.

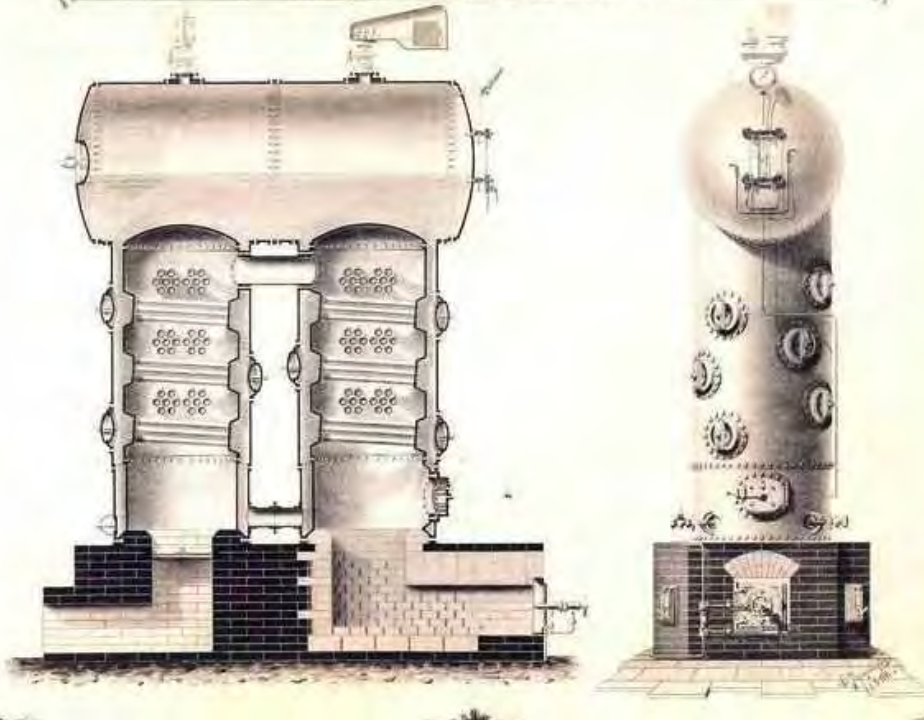
Nel 1896 VG Shukhov ottiene il brevetto per l'invenzione delle caldaie nelle versioni orizzontale e verticale (brevetti dell'Impero russo n.15.434 e 15.435 del 27 giugno 1896) e ne hanno iniziato la produzione commerciale alla Bari.



СТРОИТЕЛЬНАЯ КОНТОРА ИНЖЕНЕРА А. В. БАРИ ВЪ МОСКВѢ  
Горизонтальный водотрубный паровой котель  
СИСТЕМЫ ИНЖЕНЕРА В. Г. ШУХОВА.



СТРОИТЕЛЬНАЯ КОНТОРА ИНЖЕНЕРА А. В. БАРИ ВЪ МОСКВѢ  
Сдвоенный вертикальный водотрубный паровой котель  
СИСТЕМЫ ИНЖЕНЕРА В. Г. ШУХОВА.



Per queste caldaie V.G. Shukhov ha conquistato la medaglia d'oro all'esposizione mondiale di Parigi del 1900.

## 1897 Vyksa - La prima copertura grigliata a doppia curvatura –

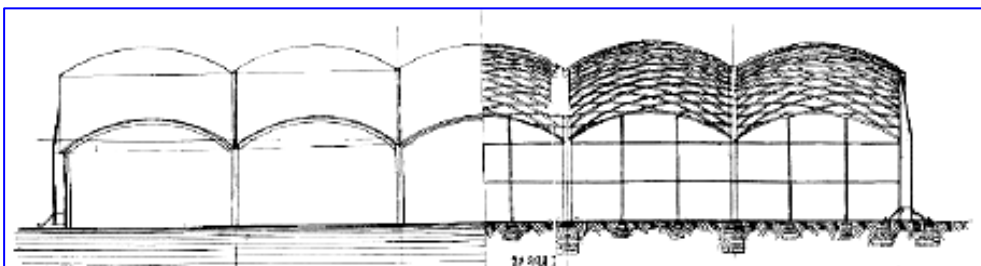
Shukhov ha iniziato a costruire volte con reticoli grigliati nel 1890, quando ha coperto due stazioni di pompaggio a Grozny. La sezione trasversale dei tetti seguiva il segmento di un cerchio, con una luce di circa 9 m. In pianta, la struttura aveva la forma di una rete di diamante, che era creata da due strati di esecuzione con elementi posti invertiti. Gli elementi a forma ellittica e sezione a Z erano collegati nei punti di intersezione con rivetti; la spinta orizzontale era bilanciata da tiranti. Shukhov ha brevettato il suo sistema per gridshells curve singole nel 1895 e realizzato questo tipo in varie località, in particolare per la mostra Panrusa di Nizhny Novgorod nel 1896. Qui, ha usato questo sistema per una serie di padiglioni espositivi, che coprono una superficie di circa 20000 mq, con luci che vanno da 12,8 a 32 m. Le volte erano irrigidite da elementi di tensione che provenivano dalle molle e collegati ai quarti di punti - un metodo che aveva già impiegato in varie occasioni prima, in particolare per il rinforzo degli archi della copertura del GUM a Mosca. Il nuovo sistema, spesso denominato "tetto senza telaio", ha avuto molta risonanza internazionale.

La rivista britannica " *The Engineer*" ne ha elogiato i suoi vantaggi e l'innovazione nello stesso anno:

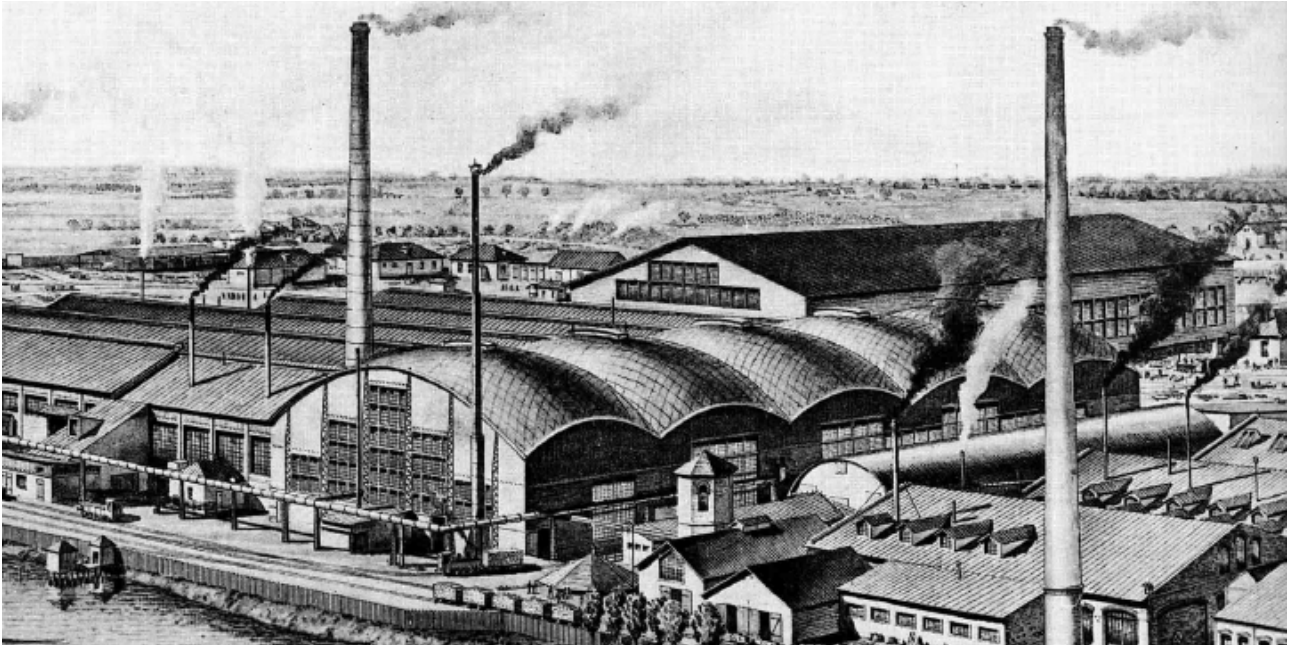
*I tetti ad arco hanno tiranti orizzontali e diagonali. Gli sforzi in ogni parte del tetto sono equamente distribuiti sul materiale, e si ha una notevole riduzione di peso per iarda quadrata, rispetto ad un tetto a capriate ... essendo di ferro della stessa sezione in ogni parte, possono essere tutti preparati e forati per modello su un sistema intercambiabile ... Questo è uno dei pochi casi di pensiero originale e progetto, nelle mostre di ingegneria.*

Nello stesso anno, Shukhov costruisce un capannone di produzione con una superficie coperta di 70 x 24 m per la fabbrica di caldaie Bari a Mosca. Questo edificio era composto da cinque volte a botte in graticcio (gridshells), luce di 14m tra ognuna con portali reticolari a tre cerniere. La linea superiore rettilinea di questi telai è inclinata rispetto al piano orizzontale, con la cerniera di corona approssimativamente a 4.60m sopra la gronda. A causa dell'angolo della linea superiore all'attacco, le volte a botte sono discontinue e separate sopra la cerniera di corona da uno scalino.

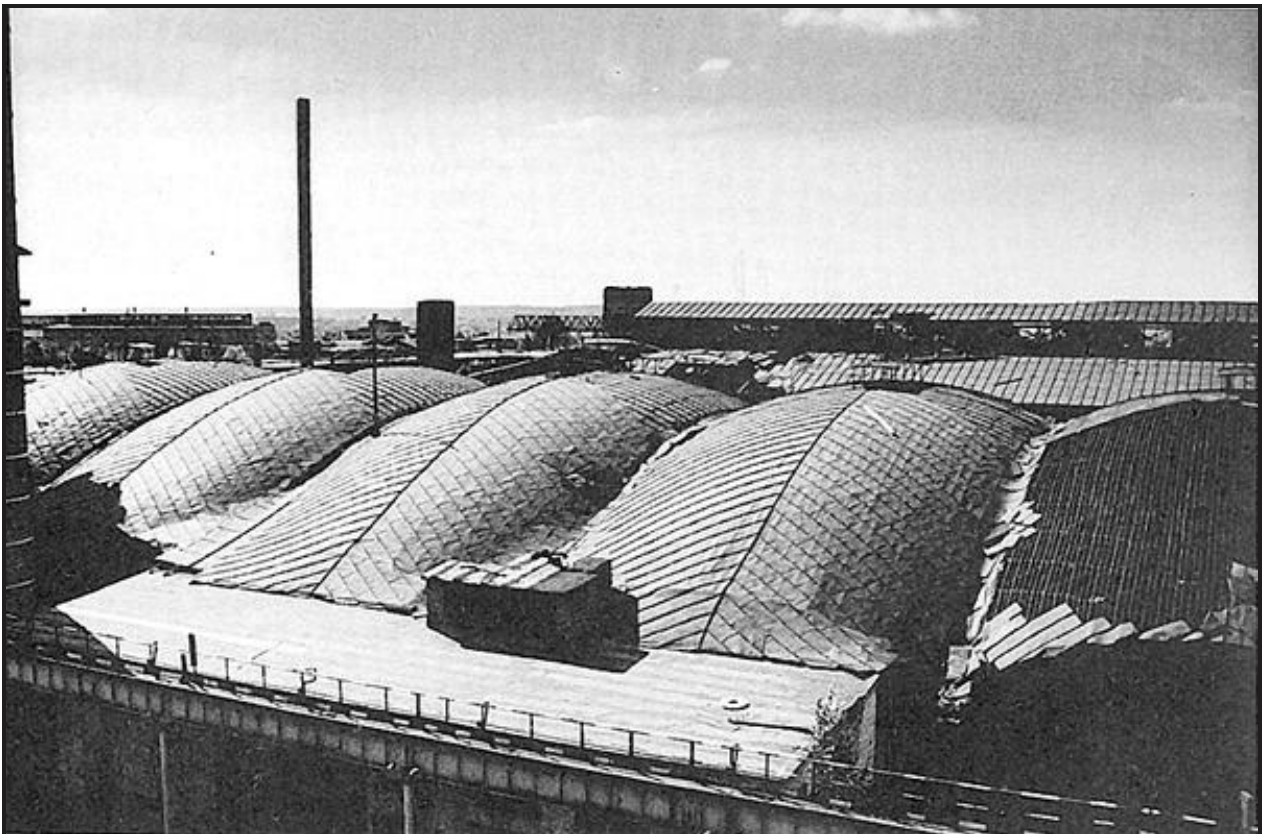
Un anno dopo, nel 1897 progetta e costruisce una fabbrica per un'azienda metallurgica nella città di Vyksa. Questo edificio ha notevole somiglianza con quello di Mosca, ma presenta anche alterazioni suggestive. A differenza del precedente edificio, qui Shukhov ha sagomato il corrente superiore dei telai con una parabola, permettendo così una continuità del sistema gridshell ed evitando l'interruzione in corrispondenza della cresta. Spostando una linea curva generatrice lungo una curva parabolica, Shukhov costruì la prima struttura a graticcio a doppia curvatura.



La costruzione con un ingombro di 73.00m x 38.40m si compone di cinque campate di 14.60m , che sono separate da quattro archi reticolari. Nella direzione longitudinale, l'edificio è controventato da sei mensole verticali, che sono integrate nelle facciate anteriori e collegate alle arcate con tiranti. Il corrente superiore poligonale dei telai forma la base per il graticcio della copertura (grid shell).



L'edificio è a Vyksa, una piccola cittadina a circa 150 km a sud ovest di Nizhny Novgorod, ed è all'interno del grande complesso della Vyksa Steel Works, una società produttrice di prodotti metallurgici, fondata nel 1757. L'edificio è stato costruito in un anno.





Utilizzato fino agli anni '80, poi abbandonato e trascurato per più di tre decenni, l'edificio è oggi in un disastroso stato di conservazione.



## 1898-99 Tre degli oltre 400 ponti

Guidati da Shukhov l'ufficio di Bari ha progettato e costruito per le ferrovie della Russia 417 ponti in acciaio (diversi tipi con una luce da 25 a 100 m) attraverso il Volga, Oka, fiume Yenisei ed in altri luoghi. Al laborioso processo di costruzione precedente, Shukhov sostituisce soluzioni semplici con connessione con rivetti ed elementi sempre uguali, da assemblare solo diversamente a seconda della luce del ponte. L'accurata esecuzione dei fori per i rivetti era assicurata da modelli di lamiera sottile.

Ponte sul fiume Oka (1898). Progetto VG Shukhov.  
Direttore dei lavori ing. Eugene Knorre Karlovic.



Ponte sul fiume Yenisei a Krasnoyarsk (1899). Progetto VG Shukhov.  
Direttore dei lavori ing. Eugene Knorre Karlovic





*Київ, 1895 г. 243 м*



### **1899-1997 Hotel Metropol Mosca**

L'hotel Metropol, è un albergo storico nel centro di Mosca costruito nel 1899-1907 in stile Art Nouveau. È noto come il più grande albergo esistente a Mosca prima della rivoluzione russa del 1917, e per la straordinaria collaborazione di architetti/ingegneri (William Walcot, Lev Kekushev, Vladimir Shukhov) e artisti (Mikhail Vrubel, Alexander Golovin, Nikolai Andreev).

Nel 1898, l'imprenditore privato Savva Mamontov e le Assicurazioni di Pietroburgo acquistano un grande lotto di terreno intorno all'ex Hotel Chelyshev. Viene indetto un concorso aperto per un Hotel ed una sala d'opera e nel 1898, la giuria assegna il progetto a Lev Kekushev, a cui Mamontov affianca l'architetto inglese William Walcot, che ha proposto un progetto di raffinata Art Nouveau e Lev Kekushev come direttore dei lavori. Dopo poco Mamontov è arrestato ed imprigionato per frode ed il progetto è portato avanti solo dalle Assicurazioni di Pietroburgo. Eliminando la sala d'opera. I lavori terminano nel 1907. Nel 1918, è stato nazionalizzato dall'amministrazione bolscevica, ribattezzato Seconda Casa dei Soviet ed ospitava abitazioni ed uffici della burocrazia sovietica. Alla fine, nel 1930 è stato riportato alla sua funzione originale di hotel. Nel 1986-1991 è stato oggetto di un ampio restauro da parte delle società finlandesi nuove proprietarie. Oggi il Metropol dispone di 365 camere, ciascuna diversa in forma o decorazione.





## 1903-1906 Petrovsky Passage Mosca



### Torri iperboloidi

Dopo Nizhny Novgorod, la cui torre è andata a Polibino, acquistata da un possidente, le torri iperboloidi di Shukhov si sono moltiplicate in tutto il paese. In un tempo relativamente breve sono diventate una parte importante del panorama industriale arricchendo l'aspetto architettonico russo di molte città, come i ponti d'acciaio di cui abbiamo già scritto.

La prima torre per acqua, prodotta su progetto di VG Shukhov è stata costruita nel 1902 dalla AV Bari per il municipio di Kolomna (città a sud di Mosca a 137 Km).

Dimensioni principali:

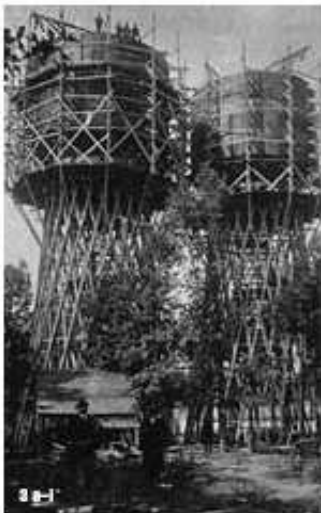
altezza al serbatoio - 12 fathom (22 mt);

Capacità serbatoio 10000 buckets (18.184 lt).



I dati d'archivio con l'elenco delle torri per acqua, riportano che le torri sono state costruite tra il 1896 ed il 1929, dalla AVBari (e dopo la nazionalizzazione dalla "Stal'most") a Mosca, Yaroslavl, Voronezh, Tambov, Kolomna, Podolsk, Tula, Tsaritsyn, Samara, Pryluki, Kashin, Vologda, Ivanovo-Voznesensk Orekhovo-Gus-Crystal, Kazan, Feodosia, Baku, Grozny, Samarcanda, Andijan, Bukhara, Ashgabat, ecc, ecc fino alle isole Sakhalin.

Da segnalare le torri usate per fari nei porti del mar Nero nel canale di Kherson a Adzhiogol e Stanislav, le torri per acqua a servizio della rete ferroviaria per l'alimentazione dei treni a vapore, e quelle per l'agricoltura. Oltre alla torre radio di Mosca.



Al principio del 1908 la Marina Russa utilizza le torri Shukhov come alberi per due navi da guerra, la Andrew e la Imperatore Paolo I.



Le foto dell'Archivio dell'Accademia delle Scienze di Mosca, mostrano torri costruite tra il 1902 ed il 1905, di altezza tra i 10 ed i 36 mt. e di capacità tra i 60.000 ed i 600.000 lt d'acqua.

Alta affidabilità e bassi costi di costruzione di queste torri, i commercianti e gli industriali pragmatici hanno apprezzato immediatamente. La AV Bari è stata inondata di ordini.

### **1908 Le torri di Shukhov – Fari all'estuario di Dnieper sul Mar nero**

Nei primi mesi del 1908<sup>17</sup> il Dipartimento della Marina Russa ha contratto con la società Bari la costruzione di due torri faro su isole artificiali di macerie, in Ucraina sul mar Nero nel porto di Kherson. Adzhigolsky di 68 m di altezza (alla luce), e Stanislavsky, alta 26.8 m.

Da questo momento, Vladimir G. e i suoi assistenti hanno lavorato per la tecnologia di produzione industriale di tutti i dettagli, hanno creato un catalogo dettagliato di disegni standard per i sovrintendenti, emesso una documentazione tecnica chiara dettagliando le modalità di montaggio del team di costruzione della torre (10-15 persone) formando i lavoratori sul sito di costruzione. La tecnologia di costruzione della torre stessa era sorprendentemente semplice. Piccoli elementi di ferro forati da unire con rivetti. Senza casseforme. Arrivati all'intersezione dei tronchi veniva realizzato un ripiano di tavole di legno, doce con un piccolo argano veniva sollevata un'altra sezione assemblata a terra, all'interno della prima. Poi con le stesse pulegge e verricello venivano trasferiti al livello successivo. E così verso l'alto. Così, la torre, come una antenna telescopica, ha raggiunto la sua altezza.

Nel centro del cerchio di 20m delineato dall'anello inferiore contemporaneamente con una struttura cava hanno eretto una colonna di sostegno in metallo del diametro di 2 metri con una scala a chiocciola interna per l'accesso del personale agli uffici e alla lanterna e sollevatori per portare in alto le attrezzature del faro. La zona superiore ha un diametro di 7 metri. Sopra un ottagono di 4 metri è il vano di servizio con una lampada esagonale con altezza del modulo di 6.2 metri, che costituisce il potente faro faro con 19 miglia di visibilità. Perimetro e area dell'anello superiore sono recintate con un parapetto ottagonale, la creazione di gallerie esterne per le ispezioni tecniche e pittura pareti locali. Nonostante la semplicità del montaggio apparentemente primitivo, la precisione e durabilità della torre di 70 metri sono stati sorprendenti: la deviazione dalla cima della torre non superava 0,0002 parti dell'altezza totale, con un fattore di sicurezza di 2.5,

<sup>17</sup> La bisnipote Elena Shukhov indica invece 1910-1911

garantendo la stabilità della struttura sotto influenze di ogni tipo di tempeste di qualunque forza. All'interno della torre accanto alla colonna centrale di sostegno è stata costruita una piccola casetta accogliente dotata di tutto il necessario per una vita normale e un regolare servizio di guardia del funzionamento del faro. Sotto un tetto confortevole, la stanza di soggiorno, il centro radio, la cambusa, motore diesel, stanza del generatore, serbatoio di acqua, carburanti e lubrificanti. Ricetrasmittitore potente fornisce una comunicazione affidabile con la direzione del Mar Nero e Shipping Company Azov a Odessa e il porto di mare di Kherson. Per più di cento anni in uno dei luoghi più difficili per la navigazione dell'area idrografica il faro di 70 metri serve fedelmente i marittimi. Nessun vento o la corrosione, o anche i proiettili degli anni di guerra non potevano distruggere questo edificio traforato. Dopo un attento esame della condizione tecnica e restauro di singoli frammenti nel 1956 una commissione autorevole di esperti ha riconosciuto la torre conforme alle norme e pienamente di forza. In memoria degli uomini di talento che hanno creato questo miracolo artificiale, nella colonna centrale della torre una placca di metallo "Faro tipo hyperboloid costruito nel 1911. Autore del progetto e costruttore l'accademico onorario ed ingegnere Vladimir G. Shukhov." A seguire ". Ufficio progetti AV Bari Mosca".



Cinquanta miglia (80 chilometri) a sud-ovest della città su un'isola molto piccola, si trova il faro di Adziogol. Un faro importante per le navi che traversano il groviglio dei bassifondi sabbiosi. Costruito nel 1911, questa struttura d'acciaio è un esempio di come l'eleganza e l'ingegnosità possono trovare una sintesi in una costruzione utilitaria. Progettato da Vladimir Schuchov, il faro sembra, da una certa distanza, una colonna molto snella con sopra un fuoco. La struttura alta 68 mt è un iperboloide d'acciaio chiaro, affusolantesi fino al piccolo alloggiamento del faro. La scala si avvolge attorno ad una colonna verticale posta all'interno.. La base della torre è quasi a contatto del mare, ed il verde dei cespugli e gli spruzzi del mare, quasi nascondono il bianco cottage del custode.

## 1910-12 Poste centrali Mosca

Le poste centrali di Mosca devono il loro attuale aspetto all'architetto Oscar Munz, sul cui progetto l'edificio è stato completamente ricostruito tra il 1910-1912. La grande copertura vetrata della hall, con lucernario è di VG Shukhov



## 1911. Museo Pushkin

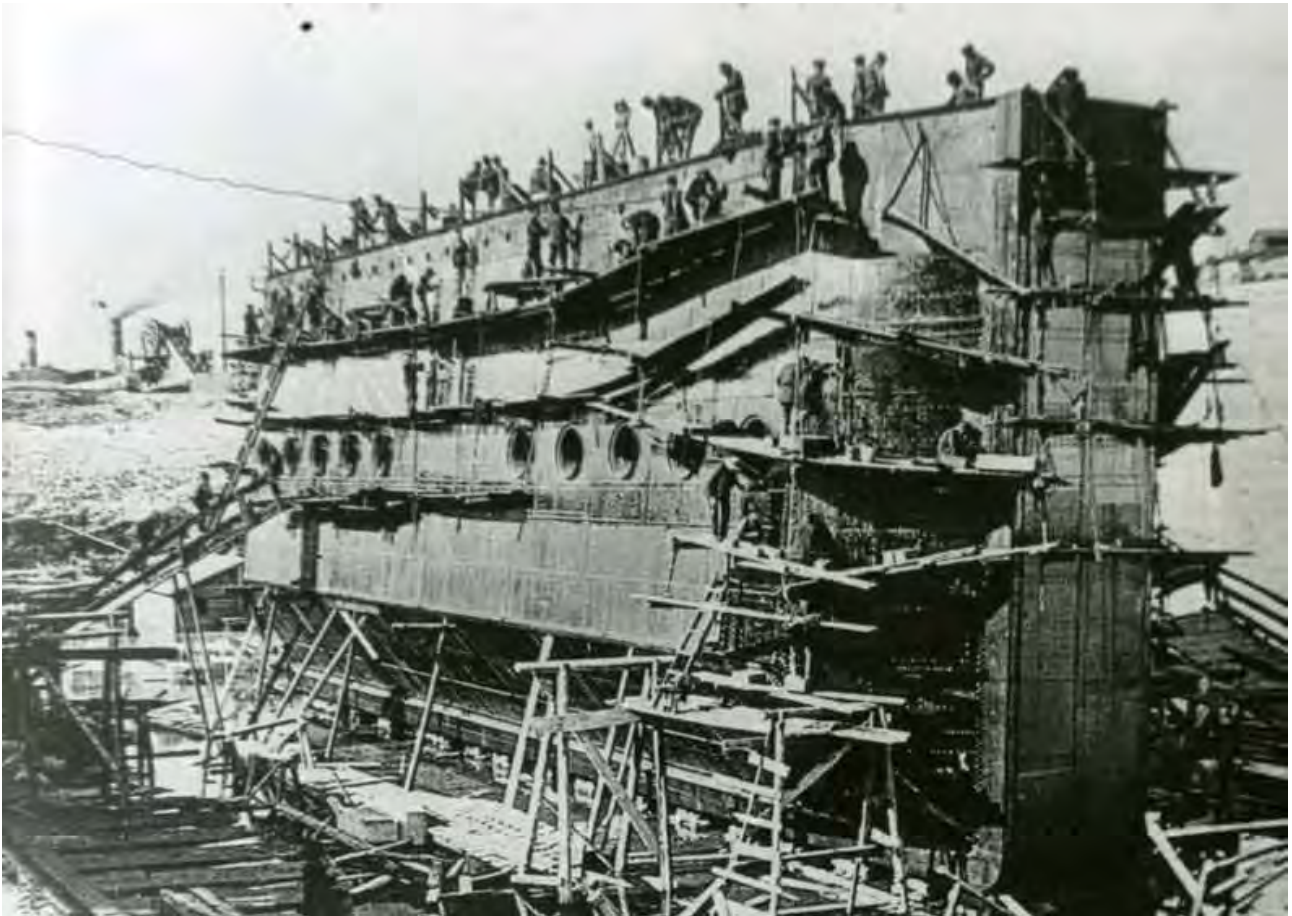
Allora Museo Alessandro III Museum di Belle Arti (oggi Museo di Stato Pushkin), con i soffitti vetrati delle sale espositive di VG Shukhov.





## Bacini di carenaggio

1913-15 Nell'ufficio della AV Bari, diretto da Shukhov entrano commesse di lavori legati alle costruzioni di sostegno alle navi e sottomarini militari, quali pontili e cassoni a Sebastopol nel sud della penisola di Crimea.





Nel 1914 Vladimir G. Shukhov progetta per il porto di Sevastopol un originale cassone mobile per chiudere il bacino di carenaggio navale che diviene poi un modello per strutture di questo tipo.

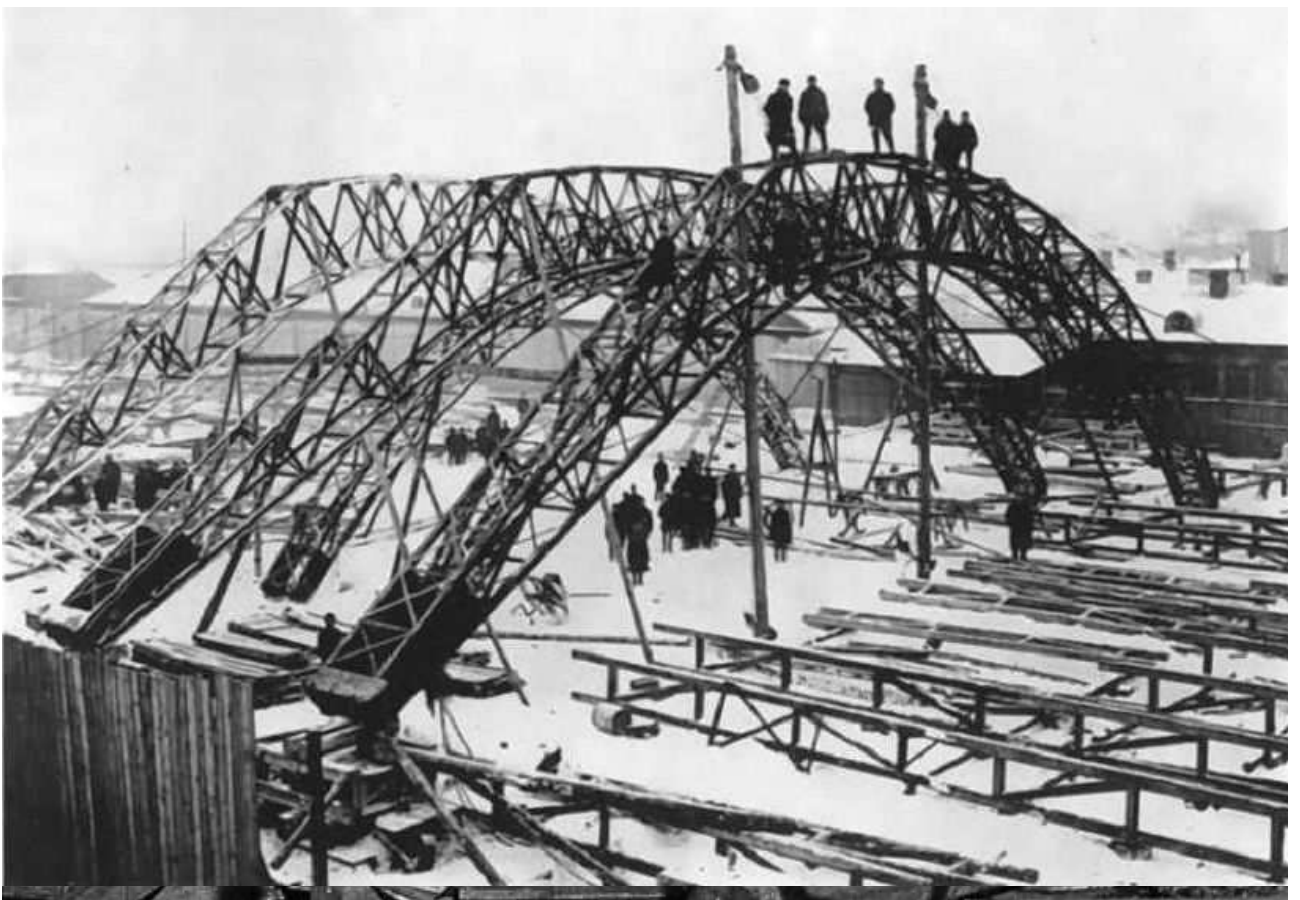
### **1911-14 Arma, gas a Mosca**

Arma era responsabile di gran parte della fornitura di gas di Mosca fin dalla metà del 1800. Nel 1911 il Consiglio comunale di Mosca ne decise l'ampiamiento, con nuovi edifici e sei depositi cilindrici eseguiti su progetto di VG Shukov. Gli edifici furono terminati nel 1914 e la capacità del centro aumentò di una volta e mezzo.

Il complesso dell'ex stabilimento «Arma» si trova a Nizhny Susalny ed è oggi un monumento di archeologia industriale.



## 1915 Copertura della stazione ferroviaria Kievsky di Mosca



## Stazione Kievsky

Piazza Kievskogo Vokzala 2

La Stazione Kievsky (Kievsky Vokzal) si trova vicino alla metro Kievskaya. Da questo terminale partono treni per l'Ucraina e per l'Europa dell'Est. La stazione è stata costruita tra il 1914 ed il 1918 in stile Neo-Bizantino su progetto di Ivan Rerberg con le strutture delle coperture di Vladimir Shukhov. E' l'unica stazione di Mosca ad avere una facciata che dà sul fiume Moscova.

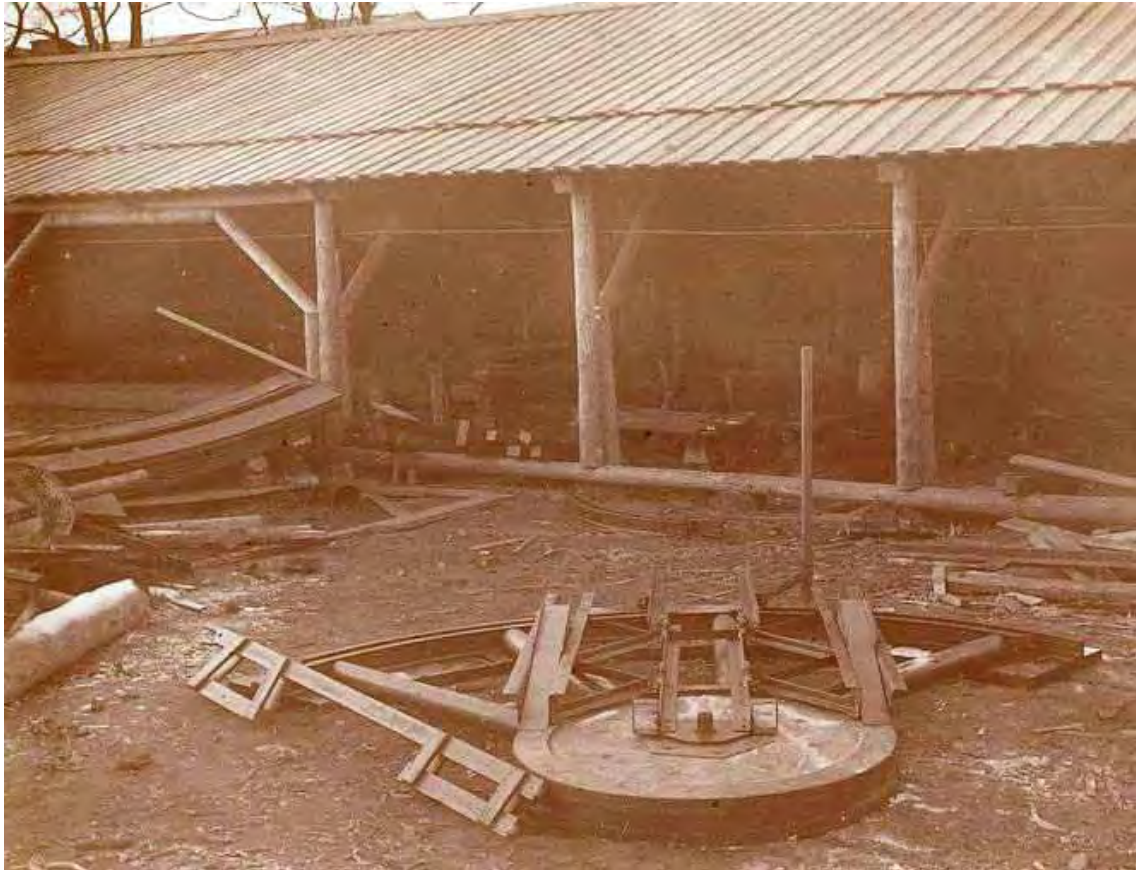
### **1915- 1917 ancora lavori in ambito militare**

Dal gennaio 1915 all'estate del 1917 VG Shukhov è occupato ad eseguire un ordine di estrema importanza dell'Ufficio Marittimo. Il Dipartimento di campi minati ed attrezzature lo ha avvicinato con la proposta di studiare lo sviluppo di nuovi tipi di mine. Lavoro soggetto ad una serie di questioni relative: alla creazione di nuovi tipi di mine, dalla progettazione del guscio e del meccanismo di esplosione alla loro installazione e produzione. Vengono sviluppati più di 40 tipi originali di mine subacquee per diverse profondità: con catena, autoportante, con fusibile idraulico, etc. In questa commessa Vladimir G. lavora a stretto contatto con l'ammiraglio AV Kolchak, con il quale ha istituito un profondo rapporto di rispetto reciproco.



L'anno dopo, nel 1916, è la volta del Dipartimento di artiglieria con la richiesta di migliorare le pesanti ed ingombranti piattaforme sotto i grandi cannoni utilizzati nelle batterie d'assedio. La base del progetto era nell'utilizzo degli elementi della base anche nello stesso trasporto. Per il trasporto le piattaforme per due unità si

trasformano in un carro. I due dischi diventano le ruote e le merci sono tutti gli altri accessori necessari. Così due piattaforme vengono consegnate velocemente a destinazione, con l'utilizzo di 4-5 volte meno cavalli rispetto a prima. E la leggerezza del sistema permette le manovre di spostamento e puntamento ad una sola persona.



## 1922 La Torre/antenna Shabolovkaya

(Шуховская башня)

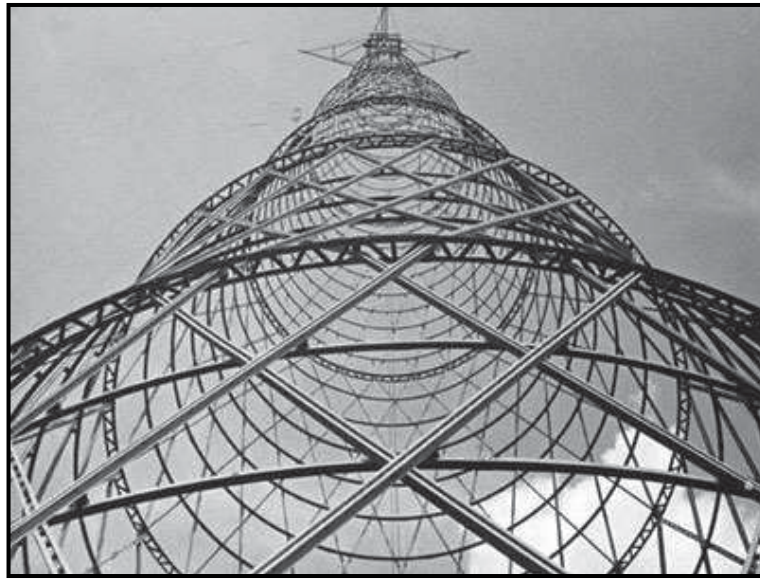


Foto di Alexander Rodchenko, 1926

Il 30 luglio 1919, il giorno dopo lo slogan “ *Fratelli, la nostra patria è in pericolo*”, Lenin aveva chiesto alla Commissione del Popolo per le Poste e Telecomunicazioni “ *al fine di assicurare un affidabile e continuo sistema di comunicazione con gli stati occidentali ed i sobborghi esterni, di procedere con urgenza, alla costruzione di una stazione radio a Mosca equipaggiata con strumentazione adeguata ed all’avanguardia.*”

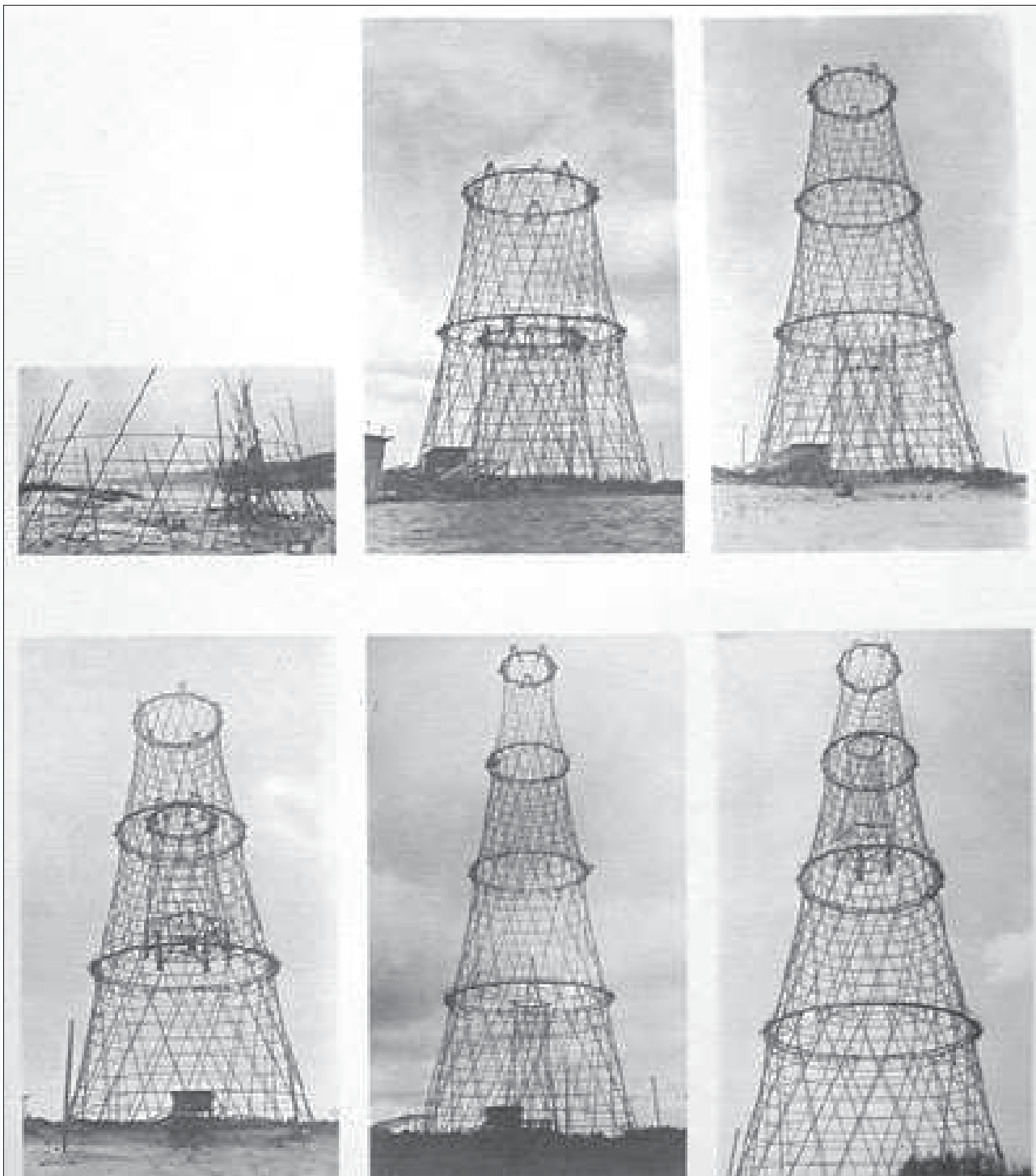
L’incarico viene dato a V.G. Shuchov, che aveva già realizzato progetti di torri, l’ultimo dei quali una torre per acqua con due sezioni sovrapposte d’iperboloide, nel 1911 a Jaroslavl’. Già nella primavera del 1919 VGS ha eseguito i disegni per una torre di 350 metri di altezza, composta da 12.000 pezzi di varie forme, ma sempre semplici profili, del peso complessivo di 2.200 ton., pari a meno di un quarto di quello della torre Eiffel (alta 305 mt e del peso di 8.850 ton).

In quest’occasione VGS aveva eseguito il progetto per torri di 175-200-225-250-275-300-325-350 metri d’altezza, inviandoli al commissario incaricato. Gli iperboloidei, posti l’uno sull’altro formavano nell’insieme, una torre slanciata di forma quasi conica.

Trovare tutto questo metallo nella Russia devastata dalla guerra civile, fu un problema enorme e purtroppo insormontabile, il progetto quindi fu adattato di conseguenza e la torre venne eretta alta solo 150 mt. con una base di 42 mt. in 6 sezioni di 25 mt cadauna ed un peso complessivo di 240 ton. Il tutto su di una fondazione di calcestruzzo del diametro di 40 mt e dello spessore di 3 mt.

La costruzione della torre ha inizio, nel villaggio di Shabolovska, da cui prenderà il nome.

VGS scrive nel suo diario: “ *lavoro alla torre alta 150mt: prima del 12/08/1919. Agosto 22, firmato un contratto con l’Associazione Statale Radiotelegrafica. I lavori d’escavazione inizio 29 agosto. Fine lavori il 29/03/1920. 1 ottobre: Finalmente, dietro personale richiesta di Lenin, il metallo è stato prelevato dalle riserve dell’esercito. Ma la qualità è molto variabile e la quantità limitata.*”



La torre doveva essere costruita in otto mesi, compreso l'inverno. Ma questi tempi non saranno rispettati, sarebbero quasi impossibili oggi, figurarsi a quel tempo, sotto quelle condizioni ed in un paese devastato, con un'economia distrutta e con una popolazione demoralizzata, uscita da poco da una guerra civile. I lavori procedono nelle condizioni climatiche estreme di Mosca, nell'alternarsi delle stagioni: con il caldo, la pioggia, il vento ed il gelo del duro inverno, dove una crosta di ghiaccio ricopre tutto. Solo il procedimento costruttivo "telescopico", inventato da Shukho, con l'assemblaggio delle sezioni a terra, all'interno della



prima ed il sollevamento successivo con l'aiuto di 5 semplici gru di legno a forma di A (con semplici paranchi per il sollevamento), sistemate ogni volta sul bordo del segmento appena montato. Questo metodo che permetteva di procedere senza dover ricorrere a complicati sistemi d'elevazione e limitando al massimo il lavoro in quota, si rivelò fondamentale per la riuscita dell'opera.

Le sbarre dei singoli segmenti iperbolici sono composte ciascuna di due profili UPN140, uniti all'incrocio con gli altri d'inclinazione opposta, da 4 ribattini. Le sbarre in una direzione sono fissate direttamente agli anelli intermedi d'irrigidimento, fatti da profili UPN100, mentre quelle in direzione opposta, che risultano distanziate, sono collegate attraverso l'uso di angolari. I distanziatori tra i profili ad U delle barre sono fatti da pezzi di tubo, all'interno del quale viene fatto passare il chiodo.

Gli anelli d'unione tra i vari segmenti della torre, sono composti da due angolari 100x100x10, posti a distanza di circa 30 cm ed uniti da un reticolo leggero. Per poter operare con il metodo telescopico, VGS rimpiccioliva il diametro dell'elemento inferiore della sezione da sollevare, attraverso l'uso di appositi tiranti, che venivano allentati, una volta che la sezione era passata completamente sopra, ed i due segmenti venivano quindi collegati.



Vladimir ha 68 anni, visita quasi giornalmente i lavori e registra le sue impressioni:

*“ Presidi per gli anelli d'acciaio. Mensole 4x0,5 inch. Corde e blocchi. Legna da ardere per gli operai. Lavorare al freddo è molto difficile. J.P.Tregubov è arrabbiato per la paga bassa. Gli operai italiani scioperano”.*

A queste preoccupazioni di lavoro si aggiungono quelle famigliari, per la perdita del figlio più giovane e della madre. Ma a dispetto di tutto la torre cresce. La seconda e terza sezione sono

montate e stabili, confermando la correttezza dei calcoli. Tutto procede regolarmente fino a quello sfortunato 29 giugno 1921 (*uno dei giorni più brutti della mia vita*, scriverà poi VGS), quando alle 7 del mattino, durante il sollevamento della quarta sezione, questa cadde danneggiando le sottostanti. Per fortuna nell'incidente non ci furono vittime. La ragione del crollo risultò da addebitarsi alle caratteristiche dell'acciaio (fatica).

“Progetto perfetto”, questo sarà il responso della commissione d'inchiesta, subito istituita dalle autorità sovietiche, per accertare le cause dell'incidente. Tuttavia, nonostante queste conclusioni, VGS fu più volte interrogato e sottoposto a pressioni, tanto che il 30 luglio 1921, scrive sul suo taccuino: *“sentenza di fucilazione”* e poi *“sabotaggio”*. Comunque siano andati i fatti, resta il dato che VGS rimase a capo dell'opera, che fu terminata con successo. Il 19 marzo 1922 la radio del Cominter iniziò le trasmissioni.





La torre sorse in un periodo d'emergenza grave e la sua costosa edificazione non rimase senza critiche. Ma d'altro canto la torre nasceva all'inizio di una nuova era ed impressionò profondamente i contemporanei, divenendo uno dei principali simboli del giovane stato sovietico. Su di essa furono scritte poesie entusiastiche.

Nikolaj Kuznekov scrisse questi versi:

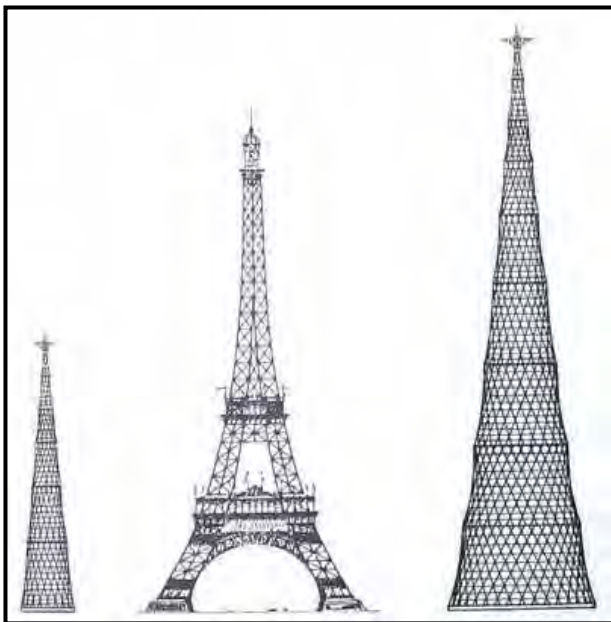
*"nel blu, ad un'altezza di centocinquanta metri, da cui si dominano i campi lontani, fino alle nubi cacciate dal vento crebbe alta la torre..."*

Ispirato dalla torre Aleksej Tolstoj, scrisse il primo romanzo di fantascienza russo, dal titolo "L'iperboloide dell'ingegner Garin" (1926).

Alexander Rodchenko<sup>18</sup> la immortalò in una celebre fotografia ed in generale il mondo artistico ne fu infervorato, con la sola eccezione dell'architettura ufficiale che rimase fredda, a parte la lodevole eccezione dell'arch. Melnikov<sup>19</sup>. Questi chiamò più volte Shukhov alla collaborazione, e non essendo schiavi di ideologie, si portarono per il resto della vita un profondo rispetto.

Vladimir si esprimerà così al riguardo: *Melnikov è stato descritto come un architetto che si è occupato di arte pura, invece egli, molto più che tanti altri architetti del suo tempo, capì l'importanza della funzionalità e della componente strutturale dell'architettura.*

#### **La torre di Shukhov (150-350) e la torre Eiffel**



La torre fu verificata nel 1947 a seguito dell'installazione di due nuove antenne, riscontrandone l'ottimo stato di salute, con una corrosione negli elementi di collegamento di appena il 5%. Nel 1970 la corrosione era appena al 10%.

Vari anelli di rinforzo intermedi sono stati installati nel tempo, senza per questo mutare l'aspetto della torre, che ancora oggi può reggere il confronto anche con le torri moderne.

I vecchi moscoviti chiamano l'antenna Shukhovska, dal nome del suo creatore.

**Oggi la SHUKHOV TOWER FOUNDATION sovrintende alla torre. Alla sua direzione vi è il nipote di VGS, Vladimir Fyodorovich.**

<sup>18</sup> Aleksandr Mikhailovich Rodchenko (Александр Михайлович Родченко) (San Pietroburgo, 23 novembre 1891 – Mosca, 3 dicembre 1956) è stato un pittore e fotografo russo. Collaborò alla costituzione del movimento costruttivista. Studiò all'istituto d'arte della città di Kazan, dove conobbe la futura moglie e artista Varvara Stepanova. Si interessò alla poesia di Vladimir Majakovskij e da questa si accostò alle nuove correnti del futurismo e del suprematismo russo.

<sup>19</sup> Konstantin Stepanovitch Melnikov (Константин Степанович Мельников) (Mosca 3 Agosto 1890 - 28 Novembre 1974.) Architetto russo, fu una delle maggiori figure del costruttivismo. Subì l'ostruzionismo del periodo staliniano che lo costrinse all'inattività per un lungo periodo.

## 1926-29 Tre garages del costruttivismo russo

[...] *Vladimir Grigoryevich Shukhov mi invita a sedermi sul divano, lui rimane in piedi, anche se ha 80 anni. Parliamo del garage che dobbiamo costruire, parliamo della bellezza, e con che passione mi spiega il gioco delle cupole aperte e chiuse delle chiese russe! Gli innovatori - gente inquieta nel mondo - sostituirono le architravi con la cupola e il Brunelleschi la fece doppia. Aya-Sofia aleggiava nell'aria. Roma conosceva l'arco, ed i russi sconvolsero il mondo con le loro enormi coperture.*

Kostantin Melnikov, 1967

Tre garage, costruiti con Konstantin Melnikov, da poco tornato da Parigi, dove aveva costruito il "Padiglione Rosso" dell'URSS alla Exposition Internationale des Arts Décoratifs et Industriels de Paris, considerati dei masterpiece del Costruttivismo russo.



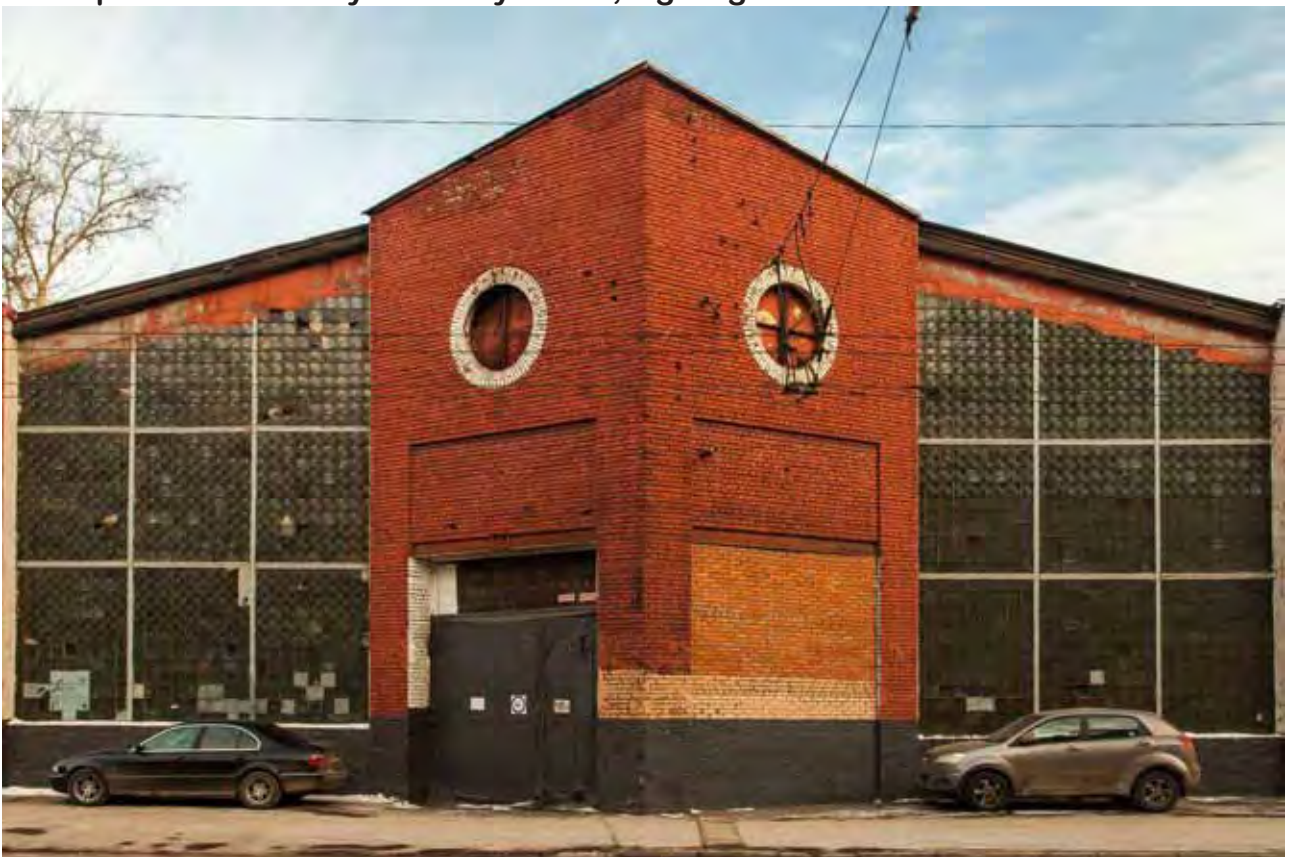
Il garage sulla **Novoryazanskaya** conosciuto come "il garage a ferro di cavallo", è stato progettato da Konstantin Melnikov e Vladimir Shukhov nel 1926 e completato nel 1929 nel distretto di Krasnoselsky a Mosca, vicino al terminale di traghetti Kazansky. L'edificio principale di questo garage per camion ha una forma semicircolare, con officine e uffici in un edificio autonomo tra le punte del "ferro di cavallo". Ciascuno dei due livelli poteva ricevere 110 autocarri. A differenza del garage per bus di Bakhmetevsky, questi dovevano essere parcheggiati in modo convenzionale, usando la retromarcia. Ogni punta del ferro di cavallo ha una sporgenza a forma di V con entrata e uscita dai cancelli sulla strada; questo doveva semplificare l'entrata e l'uscita da una strada stretta. Questo garage è ancora usato come tale, ed ospita dei bus, tuttavia le mutate dimensioni dei mezzi Quarta Bus Park di Mosca. Tuttavia, poiché gli autobus articolati moderni sono più grandi, l'organizzazione attuale differisce dal layout efficiente di Melnikov.







E sempre sulla Novoryazanskaya al 27, il garage Mossovet



**Infine il garage per bus Bahmetevsky che oggi si trova in condizioni pietose.**



**Durante la progettazione Melnikov ha inventato il "once-through" per il traffico nel garage, con l'inserimento in file sfalsate ad angolo di 45 gradi rispetto alla direzione del percorso interno.**

**Questo ha permesso di ospitare più autobus nel garage e risparmiare spazio<sup>20</sup>.**

**Questa scelta ha comportato la configurazione dell'edificio a forma di un parallelogramma. L'edificio è una riuscita combinazione delle composizioni architettoniche d'avanguardia e dei metodi di costruzione industriale**



**Nel 1930, Vladimir G. esegue un altro lavoro per KS Melnikov. Progetta un "nuovo sistema di copertura nella forma di un arco di legno" per la stazione verde degli autobus della città. Purtroppo, questo progetto non è stato realizzato.**

<sup>20</sup>Fonte [www.cih.ru](http://www.cih.ru)

## Shukhov lavori e stile di un'epoca

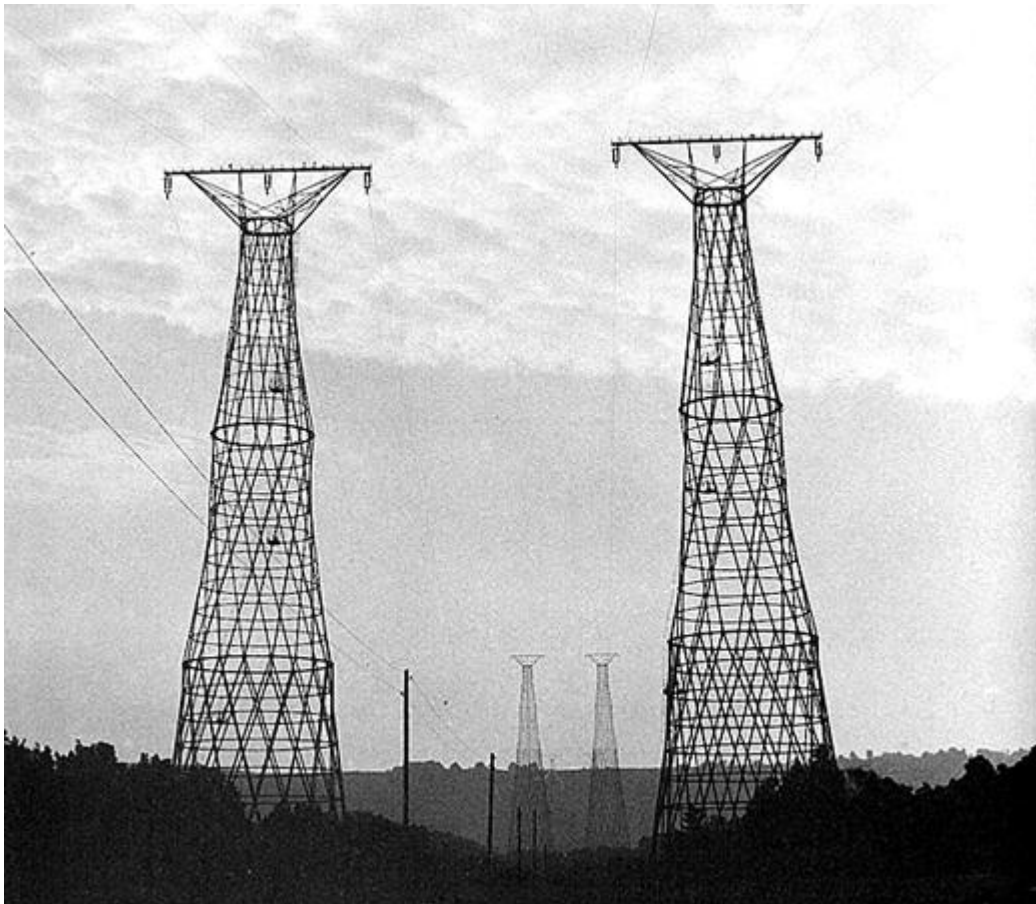
"Costruttivista" plasmare principi, così l'ingegnere VG Shukhov, ha colpito non solo lo sviluppo delle avanguardie, ma anche lo stile del 1930 - la formazione del modernismo dopoguerra 1950-'60, come pure lo stile high-tech 1970-'80, e lo sviluppo delle tendenze più avanzate "non lineari" e l'architettura "frattale". In primo luogo ha introdotto in architettura il paraboloide iperbolico, ancora oggi rilevante per gli edifici più alti e la cupola e le coperture a maglia rivestita - applicata ovunque. Anticipando questo, Shukhov ha scritto:

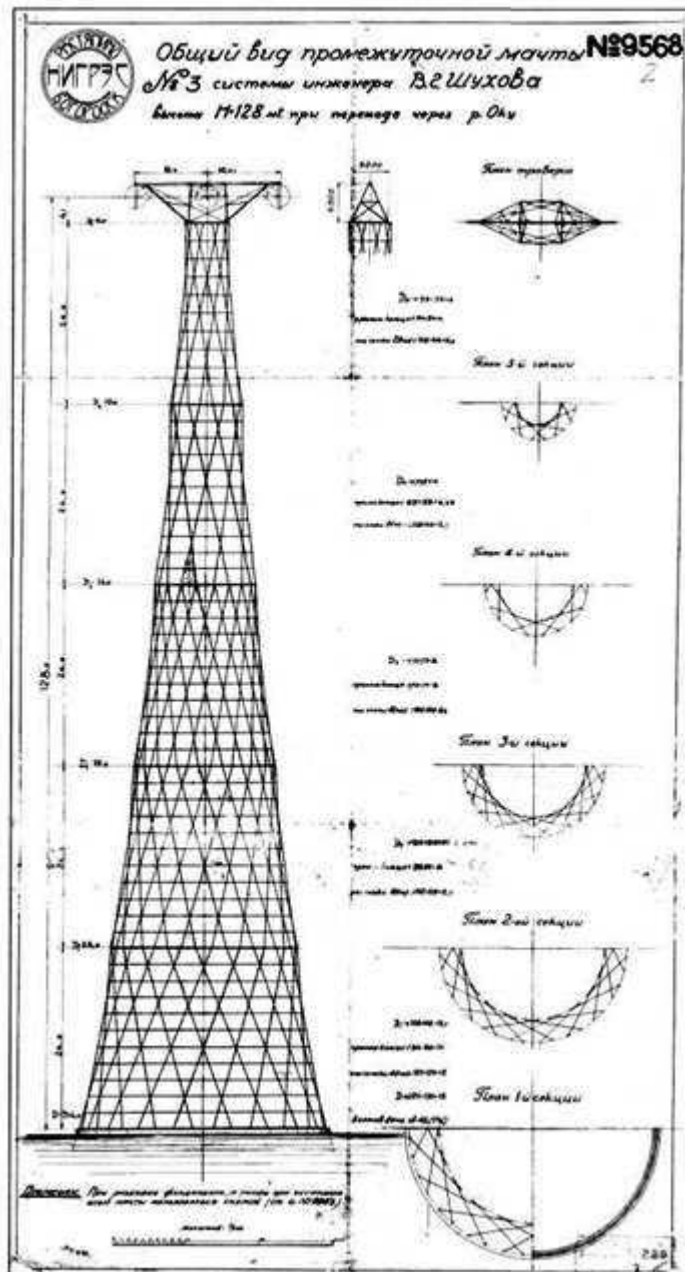
*"Come gli architetti greci erano entrambi matematici e ingegneri, gli architetti moderni senza una profonda conoscenza della matematica, della meccanica non saranno in grado di ottenere buoni risultati Inizierà presto la costruzione di grattacieli, grandi saloni, e, naturalmente, in alcuni casi, il ruolo primario apparterrà all'ingegnere, ma il ruolo dell'architetto non sparirà"*

(dal diario del 1914, pubblicato da Elena Shukhov)

### 1927-29 Le ultime torri

Tra il 1927-1929, VG Shukhov progetta e costruisce sei torri per linea di trasmissione elettrica NIGRES da 120 kilovolt sul fiume Oka, a circa 100 km a sud ovest di Nizhny Novgorod. I quattro più piccoli sono stati composti di tre iperboloidi, i due più alti di cinque, raggiungendo 130.2m in altezza. Con la loro chiarezza strutturale, l'estrema leggerezza, e i semplici dettagli, queste torri segnano il punto più alto dell'evoluzione di Shukhov nelle strutture a traliccio iperboloidi. Cinque delle sei torri sono state smantellate da vari anni fa. Solo una delle due strutture alte 130.2m è ancora esistente. Vandali l'hanno gravemente danneggiata tagliando 16 dei 40 elementi della parte inferiore del primo tamburo. La struttura è rimasta in piedi e gli elementi sono stati rimessi nell'autunno del 2007.





## 1929 il ritorno all'industria petrolifera

Nel 1929, all'età di 76 anni Shukhov in collaborazione con una figura di spicco nel campo degli impianti petroliferi, l'ing. MA Kopelyushnikovym lavorare ad una nuova installazione in raffineria, soprannominata "cracking sovietico". Nel 1934 l'impianto di produzione, che implementava un nuovo sistema di cracking tubolare, fu completato.





## 1932 L'ultimo lavoro: suggestivo, insolito ed originale. Il raddrizzamento del minareto della Madrassa Ulugbek a Samarcanda

L'ultima grande successo di V.G. Shukhov nella "soluzione di problemi" è stato il raddrizzamento dopo un terremoto del minareto della Madrassa Ulugbek a Samarcanda, costruito nel XV secolo per volontà dell'amministrazione di Ulugbek (astronomo e matematico) tra il 1417 ed il 1420 ed un gioiello di architettura dell'Asia centrale.

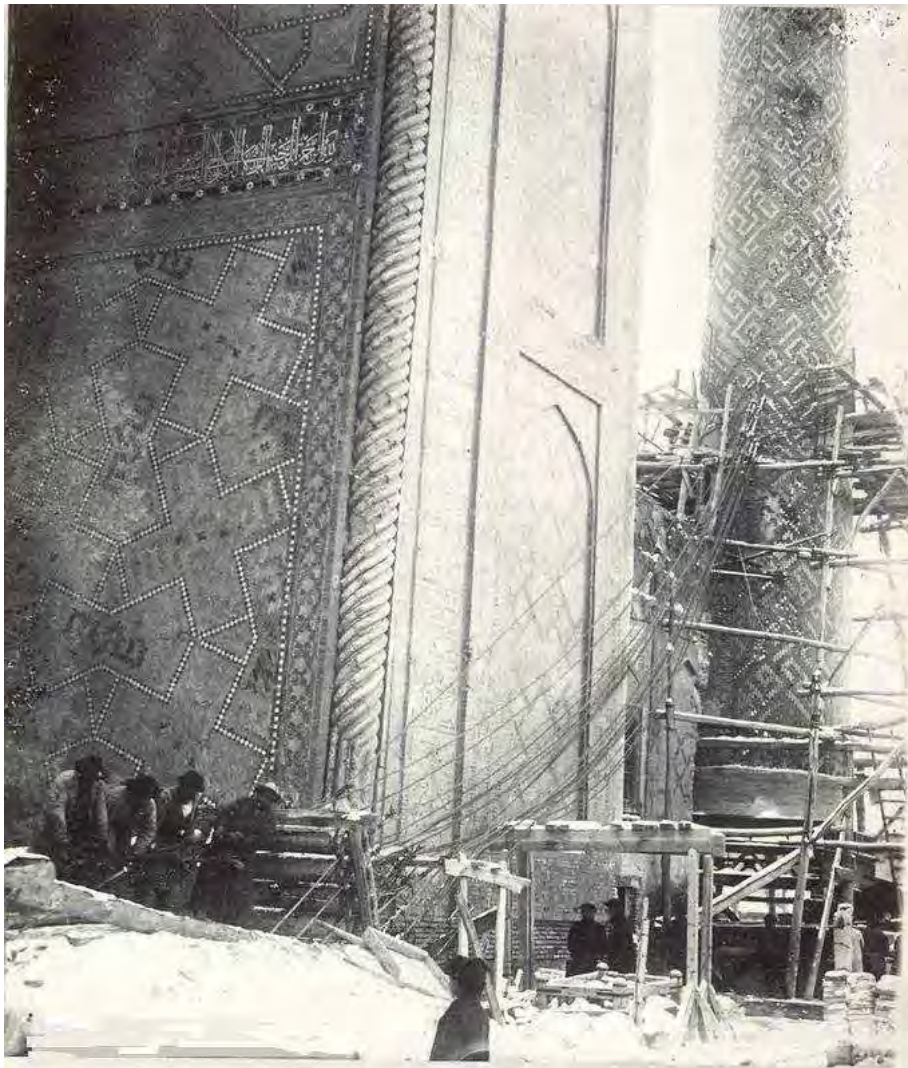
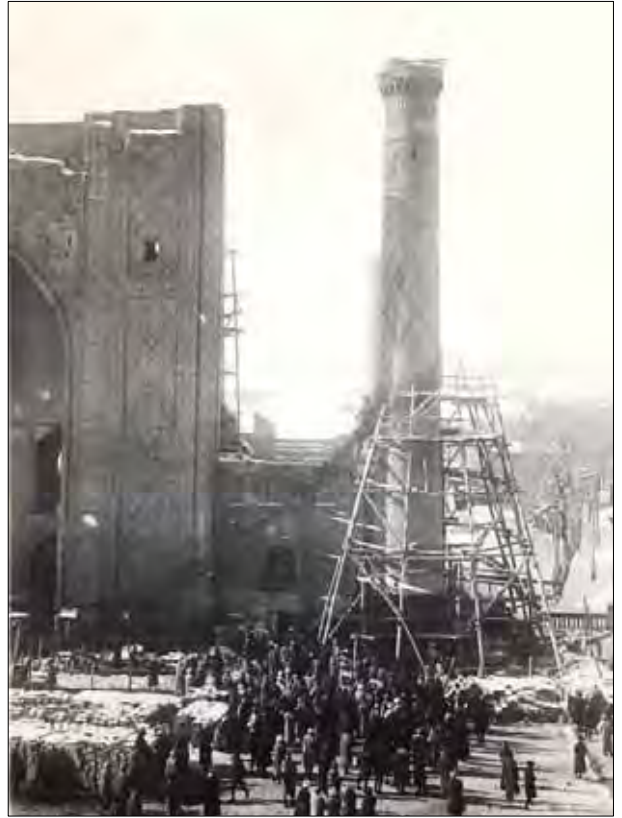
Come in altri casi, l'idea di Shukhov era sorprendentemente semplice, inizialmente ha causato confusione, e poi "ammirazione", secondo il quale lo attraeva al lavoro dell'architetto AV Kuznetsova. Shukhov ha presentato un progetto insolito.

Una specie di torre imbracava la struttura ed il sistema la riportata in uno stato di equilibrio.

Le operazioni di raddrizzamento sono iniziate il 7 Gennaio 1932 e durate tre giorni. Secondo la testimonianza dell'architetto MF. Mauera, che dirigeva i lavori

*"Mentre il lavoro procedeva non è un singolo frammento di mattoni è crollato."*





## L'influenza del lavoro di V.G. Shukhov sull'architettura attuale

Oggi i gusci reticolari sono diventati un mezzo creativo dell'architettura high-tech. La perfezione delle tecnologie ha portato alla comparsa di architetture molto complesse nella forma. Conscio che tutto ha avuto origine da VG Shukhov, sir Norman Foster riconosce: "Shukhov è uno dei miei eroi!".

Tanti famosi architetti: Richard Rogers, Renzo Piano, Paul Andreu, Santiago Calatrava, Nicholas Grimshaw, Zaha Hadid, Massimiliano Fuksas e molti altri, usano gusci reticolari nel loro lavoro creativo.



Norman Foster  
The Gherkin  
30 St Mary Axe - London

Copertura della corte del British Museum,  
London 2000



Ken Shuttleworth, Aspire Tower nel Jubilee  
Campus della University of Nottingham,  
alta 60 metri, 2008



Michael Hopkins, Copertura della corte del parlamento  
inglese. Portcullis house, London, 2008



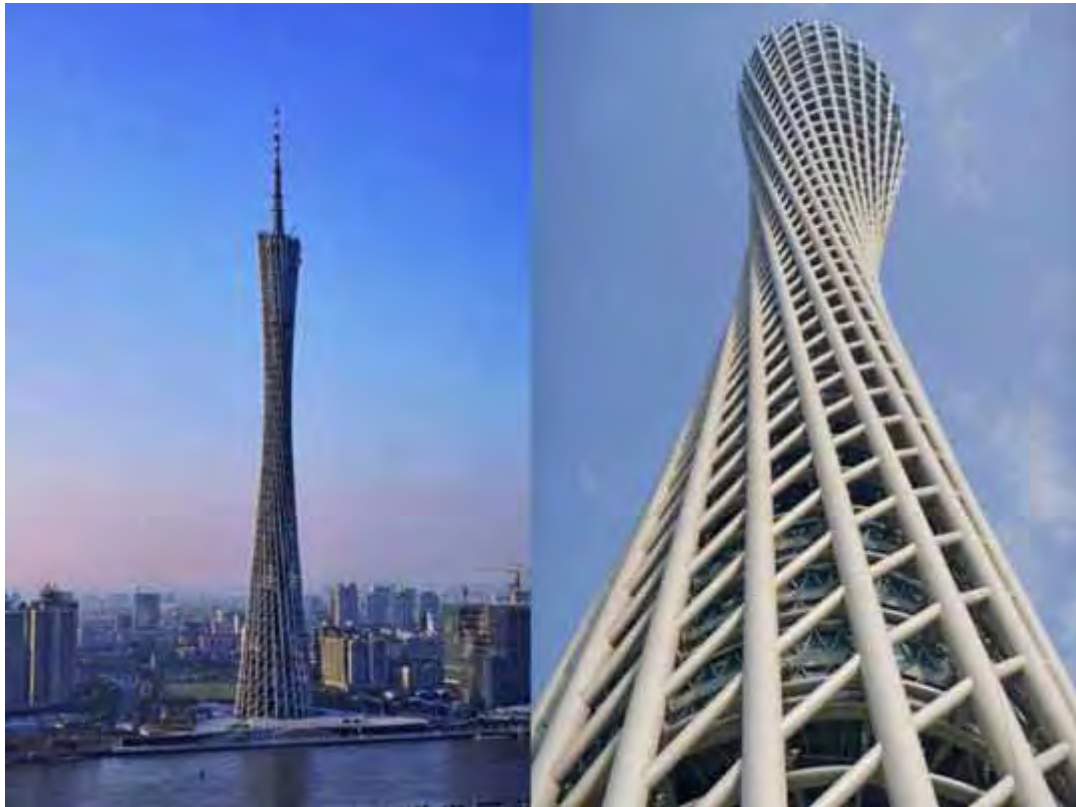


**La vela di Fuksas alla Fiera di Milano, 2005**

**Il collegamento sospeso tra due edifici in Corporation street a Manchester**



La torre TV alta 610 metri a Guangzhou, ARUP 2010

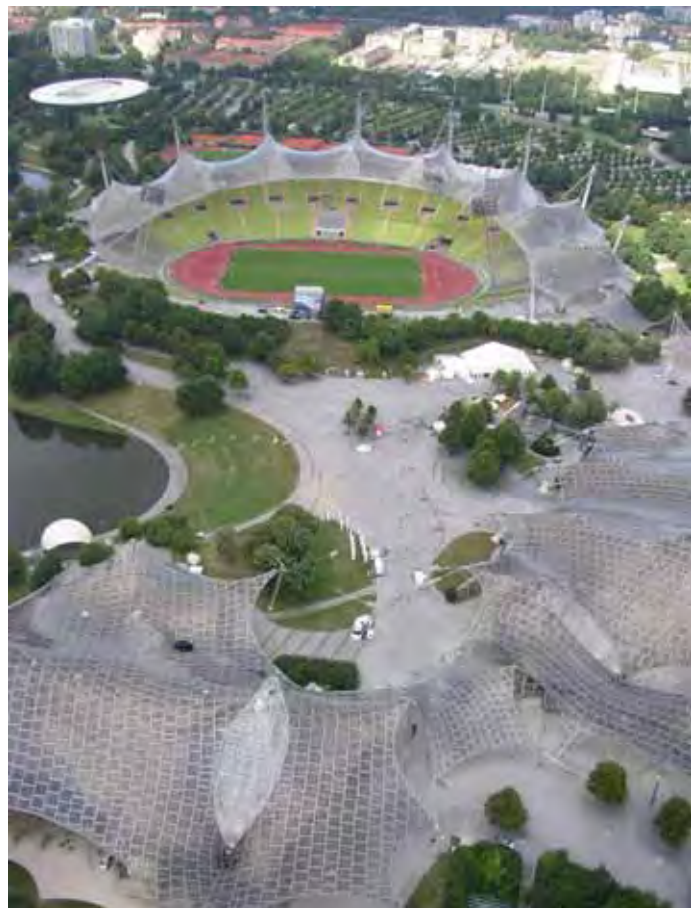


Nelle architetture sospese il debito di Frei Otto con VG Shukhov è del tutto evidente e riconosciuto.

*“Gli iperboloidi di Shuchov sono generalmente considerati come le prime strutture in cui la membrana di copertura e la struttura sono la stessa cosa.”*

Frei Otto

Ma anche il planetario Zeiss del 1922 ...



... e nella stazione Amundsen-Scott al polo Sud.



## Le opere di Shukhov, ancora in piedi, sono in pericolo

Elena Shukhov in “Works and Days engineer Shukhov”

Nell'autunno del 2003 vi è stato il 150 ° anniversario dell'ingegnere. Sullo sfondo della glorificazione formale stride in modo particolarmente acuto lo stato spaventoso di conservazione degli edifici di Shukhov. Formalmente, molti di loro sono stati a lungo riconosciuti monumenti ed anche posti sotto la protezione dello stato. In realtà, essi sono o abbandonati, o sono stati deliberatamente distrutti.

Sloopka, Do.co.mo.mo. Russia, 04/08/2009

Per circa 50 anni Shukhov ha lavorato a Mosca e ha creato, secondo i ricercatori, almeno 40 edifici per vari scopi, che vanno dalla cupola dell'osservatorio MSU, alle torri d'acqua e negozi con i soffitti vetrati. Quasi l'intera città è stata riscaldata da caldaie del suo sistema. Nel 1880 per i suoi 90 anni ha progettato la rete dell'acqua, la manifattura Karjakin per la tessitura della seta. Ha anche lavorato ad una serie di depositi del tram di cui alcuni sono sopravvissuti ... Molti impianti industriali di Shukhov non sono ancora stati esplorati, pur essendo citati dagli esperti. Oggi sono, ...sull'orlo della distruzione.

La Givartovskogo Derbenevskaya sul lungofiume (1909-1910); la stazione di pompaggio delle acque reflue al ponte di Novospasskogo (1912); l'edificio fabbrica di mobili "Muir e Meriliz". Presnya, un edificio frigorifero di sette piani "Trading House Vestey brothers" alla stazione Paveletsky, ecc  
Invitiamo a visitare queste strutture ed ai fare tutto il possibile per proteggerle, e a parlare di più sulle opere di Shukhov.

Le creazioni di Shukhov hanno plasmato Mosca. Ma oggi, la maggior parte di loro è perduta, solo "GUM", Petrovsky Passage, Museo Pushkin, la stazione ferroviaria di Kiev. E la torre radio ...

Salvare queste opere nel contesto di oggi è un compito scoraggiante.

Così, le torri d'acqua e gli edifici unici della ex fabbrica di caldaie Bari, l'edificio per uffici dove ha lavorato Shukhov, sono stati smantellati nel 1970 al fine di vendere rottami (stabilimento di produzione "Dynamo"). Di questo fatto, nessuno sapeva niente. Oggi è in agenda la demolizione della stazione del gas Arma di Mosca e molti lo sanno, ma nella protezione di questi interessanti oggetti nel nostro paese nulla cambia, anche se all'estero sono orgogliosi di loro, e li usano come esempi per ricostruire come è stato fatto a Vienna (Gassometri. complesso polifunzionale. Coop Himmelblau, Jean Nouvel).



Zamoskvoretskoye  
deposito tram, 1910

Miuskaya  
magazzini e depositi, 1912





**Norman Foster l'ha definita "una struttura di splendore abbagliante e di grande importanza storica", il "primo grande punto di riferimento del periodo sovietico" dichiarando che il genio di Shukhov è stato alla base della progettazione dello Swiss Re Tower a Londra.**



## **SCRITTI**

Oleodotti e loro uso nell'industria petrolifera, 1881

Sistemi d'approvvigionamento idrico.

A.Bari, Moscow, 1883.

Costruzioni meccaniche dell'industria petrolifera, giornale Ministero ferrovie, 1884

Condotte e loro uso nel settore petrolifero", 1884

Oleodotti – Industry Bulletin, No. 7, Mosca, 1884.

V. Shukhov, E. Knorre, K. Lembke, Progetto dell'aquedotto di Mosca

Amministrazione civica di Mosca, 1888.

Pompe per pozzi di petrolio e miniere, calcolo.

Archive of Russian Science Academy, f. 1508.

La struttura portante delle coperture. Vol.1 1897

Pompe azione diretta, 1897

Travetti, 1897

La strada per Tsuschima.

Saggio all'interno del libro di P.K. Kudjakov. 1907

Olio di scisto e agricoltura, 1921

## **DOCUMENTAZIONE**

La documentazione sui lavori di Shuchov è conservata prevalentemente nei seguenti archivi:

Archivio dell'Accademia Russa delle Scienze a Mosca

Raccolta privata del nipote di VGS, Fedor Vladimirovic Shuchov

Biblioteca Nazionale Lenin a Mosca

Archivio storico centrale statale della Marina da guerra a Leningrado

Archivio di Stato della Documentazione Tecnico Scientifica Russo (RGANTD);

Archivio Centrale della Documentazione scientifica e tecnica Mosca (TSANTDM); •

Archivio Centrale della regione di Nizhny Novgorod (TSANO);

Archivio Storico Centrale dello Stato di San Pietroburgo (St. Petersburg CSHA);

Archivio Storico Centrale di Mosca (CIAM).



## **BIBLIOGRAFIA**

"Vladimir G. Suchov 1853-1939 Die kunst der sparsamen konstruktion", Rainer Graefe, Verlags Anstalt, Stoccarda 1990.

"The Nijni-Novgorod exhibition: Water tower, room under construction, springing of 91 feet span", "The Engineer", 19.3.1897, P.292-294, Londra, 1897.

The origins of Soviet avant-garde rationalist architecture in the Russian mystical-philosophical and mathematical intellectual tradition, Elizabeth Cooper English, Ph. D., a dissertation in architecture, 264 p., University of Pennsylvania, 2000.

“ Vladimir Grigor’evic Suchov, der grösste Russische Ingenieur (1853-1939)” G.M. Kovel’man. Universitätsbibliothek Stuttgart doc. UE208 19 Nov.1979

“Vladimir Grigor’evic Suchov (1853-1939): un ingegnere rivoluzionario“ Casabella n.573, Nov. 1990

Scienziati: Vladimir G. Shukhov  
Accademico onorario ed importante ingegnere Russo.  
Archivio dell’Accademia delle Scienze  
Mosca Atti 155° Anniversario della nascita

Works and Days engineer Shukhov.  
Shukhov Elena. "Our Heritage" n. 70, 2004

The First Doubly Curved  
Gridshell Structure  
Shukhovs Building for the  
Plate Rolling Workshop in  
Vyksa

Matthias Beckh, Rainer  
Barthel - TU München,  
Munich, Germany  
Proceedings of the Third  
International Congress on  
Construction History,  
Cottbus, May 2009.

Netzdächer, Hängedächer  
und Gitterschalen.  
In: Graefe, R. et al.: Vladimir  
G. Šuchov (1853 - 1939) – die  
Kunst der sparsamen  
Konstruktion. Stuttgart:  
Deutsche Verlags-Anstalt.

Construction and structural  
behavior of Vladimir  
Suchov’s Nigres tower  
M. Beckh & R. Barthel  
Department of structural  
design, Munich Technical  
University, Munich, Germany  
A.Kutnyi  
Department of architectural  
history, building archeology,  
heritage conservation,  
Munich Technical University,  
Munich, Germany



"Vladimir G. Shukhov primo ingegnere russo.» (in russo)  
Shukhov EM:, 368 pp, Univ. Bauman, Mosca, 2003, ISBN 5-7038-2295-5.

## I principali lavori di Vladimir G. Shukhov

- **Oleodotti.** VG Shukhov nel 1877, progetta e A.Bari costruisce con la ditta, il primo oleodotto in Russia, fra Balkhany e Cherny Gorod vicino a Baku (10 km), completato nel 1878. Nel 1883 la lunghezza totale degli oleodotti progettati da Shukhov e costruiti dalla ditta Bari supera i 94 km. Nel 1894 una rete simile di condutture viene costruita nell’area petrolifera di Grozny. Nel 1907 viene costruita la prima condotta transcaucasica del cherosene fra Baku e Batumi (800km).
- **Acquedotti.** VGS progetta e costruisce con la ditta Bari, gli acquedotti per l’approvvigionamento idrico delle città di Tambov, di Kharkov, e Voronezh e di molte altre. In quell’epoca questo ridusse drasticamente il diffondersi delle malattie contagiose. Progetta l’ampliamento dell’acquedotto di Mosca.
- **Chiatte.** Le chiatte progettate da VGS, principalmente per il fiume Volga, della lunghezza fino a 150 mt, avranno un peso inferiore alla metà delle preesistenti, in relazione al nuovo metodo di calcolo messo a punto da VGS, attraverso un approccio di piastra su suolo elastico. VGS progetta anche la prima nave petroliera russa.
- **Serbatoi per petrolio.** Nel 1881 erano stati costruiti, nella sola regione di Baku, 130 serbatoi metallici progettati da VGS, molto economici e calcolati facendo riferimento a piastre su suolo elastico.
- **Impianti per la raffinazione del petrolio (oil cracking) .** Il progetto di VGS con brevetto russo No. 12926 del 27 Novembre 1891 per un’impianto di raffinazione del petrolio, sarà utilizzato dalla concorrenza per invalidare il brevetto USA del 1913 utilizzato dalla Standard Oil di Rockefeller..
- **Pompe.** VGS progetta una pompa originale per il petrolio, che rivoluziona l’industria petrolifera petrolifera di Baku con un aumento significativo della produzione.
- **Fornaci.** VGS ha progettato una delle prime fornaci che usava olii residui della raffinazione (olio pesante), fino ad allora considerati prodotti di scarto.
- **VGS progetta e costruisce 8 padiglioni con innovative coperture leggere per l’Esposizione di Nizhny Novgorod del 1896, coprendo un’area di 25.000 mq, e un serbatoio sopraelevato per l’acqua, con un traliccio metallico a forma d’iperboloide, che sarà d’esempio per 30 strutture simili costruite nel seguito in Russia e per migliaia nel mondo.**
- **L’antenna per le trasmissioni radio dell’URSS, a Mosca, denominata Shabolovkaya, terminata nel 1922. Prevista originariamente alta 350 mt, ma poi realizzata, per carenza d’acciaio, di 150 mt e che sarà la capostipide per altre 200 torri iperboloidi.**
- **Volte.** VGS ha progettato eleganti ed innovative coperture a volta metallica vetrata, su prestigiosi spazi. Notevoli l’ Upper Trade Rows GUM sulla Piazza Rossa (1889-94), Pushkin Museum of Fine Arts (1898-1912) e il Petrovka Passage (1903-06).

- Circa 500 ponti ferroviari in acciaio, attraverso i fiumi Volga, Yenisey, Dnieper, etc.
- Stazioni ferroviarie. VGS ha progettato le enormi volte con archi reticolari metallici del parcheggio Municipale della Railway Park (1908) e della Stazione Kievskiy (1912-17). Le coperture sono costituite da archi reticolari leggeri a tre cerniere, posti a distanza regolare tra loro e collegati da arcarecci, controventati da leggeri elementi diagonali.
- La colossale copertura a traliccio spaziale orizzontale, in metallo e vetro della hall delle Poste centrali di Mosca (1911-13).
- Il palcoscenico rotante del Teatro delle arti di Mosca.
- La collaborazione a diversi progetti del Costruttivismo Russo, in particolare con l'arch. Konstantin Melnikov, tra cui il notevole garage per bus Bakhmetevsky(1926-28).
- Il restauro e consolidamento "antisismico" del Minareto della Madrasah Ulugh Beg a Samarcanda, che fu il suo ultimo lavoro e probabilmente il primo che interessa un edificio storico e con opere in muratura.

### Le strutture ancora presenti a Mosca:

- Copertura Stazione Kievsky (1912-1917)
- Copertura Deposito tram Miusky, 69x28.25 m (1908).
- Copertura Parcheggio per Bus Bakhmetievsky (1926).
- Copertura del garage per camion al n. 27 di Novoryazanskaya St. (1927 - 1929).
- Copertura della hall delle poste centrali al n. 26 di Myasnitskaya St (1912)..
- Copertura della galleria Petrovsky (1902).
- Copertura dell' hotel Metropol (1889-1903).
- Copertura delle tre gallerie interna dei magazzini GUM (1889-1893).
- Deposito per tram all'angolo tra Shabolovskaya St. e Donskaya St.
- L'antenna Shabolovskaya (1919-1922).
- Fabbricato della fabbrica di caldaie Bari (oggi Dynamo).
- Copertura della sala conferenze dell'edificio sede dell'Accademia delle Scienze al n.4 di Leninsky avenue.

### Onoranze postume

In occasione del 110° anniversario della nascita (1963) in URSS è stato emesso un francobollo con la sua effigie e della sua torre.

Nel 1963 una strada nel quartiere Shabolova di Mosca, gli è stata intitolata.

A partire dal 1990 si svolge un concorso in nome di Shukhov, dal titolo "Ingegnere dell'anno"

Sulla casa dove abitava a Mosca è stata posta una targa commemorativa.

A Graivoron gli è stata intitolata una strada ed un giardino.

Nel 2003, in occasione dei 150 anni dalla nascita, l'Università di Belgorod è stata chiamata "Politecnico V.G. Shukhov".

Nel 2008 in Sretensky Boulevard, a Mosca, gli è stato eretto un monumento



# SOS

## Шуховская башня

Знаете ли вы о том, что Минсвязи собирается распилить Шуховскую башню и перенести её на ВДНХ? Точнее, не её, а что-то "в объёмах и пропорциях, повторяющих аналогичное сооружение, созданное в 1922 году".

**18 марта**  
Пинет в поддержку Шуховской башни

Башня, хоть и признана памятником архитектуры, находится на балансе Минсвязи. И именно это министерство решает теперь её судьбу 22 марта.

Турция (Стамбул) и Кувейт (Кувайт) Башня находится на балансе Минсвязи, это значит что правительство Российской Федерации, когда турки могут дать свои деньги на покупку башни.

До 21 марта вы можете еще увидеть: <http://www.shukhovskaya-bashnya.ru/> Сайт: <http://www.shukhovskaya-bashnya.ru/> +7 495 964-30-08, 1394-1824

Il 25 febbraio 2014, il Comitato Russo di Stato per le Emittenti Radiofoniche e Televisive, ha deciso di smantellare la Torre Shabolovka, notevole esempio del periodo del costruttivismo russo. Voluta da Lenin, progettata da Vladimir Shukhov e realizzata nel 1922 nel quartiere di Shabolovka.

La torre sarebbe stata spostata e sostituita da un edificio di 50 piani spazzando via il simbolo dell'architettura del ferro a Mosca.

A seguito di questa repentina decisione è stata lanciata una petizione internazionale che ha visto tra i firmatari gli architetti Tadao Ando, Sebastiano Brandolini, Elizabeth Diller, Rem Koolhaas, Kengo Kuma e Thom Mayne, gli ingegneri Guy Nordenson, Leslie E. Robertson e John Ochsendorf.

L'esito, ad oggi sembra positivo, perché il governo russo, il 16 giugno 2014 ha annullato la decisione dello smantellamento e deciso di indire un concorso internazionale per il restauro.

**Nell'universo è tutto logico. Tutti pensano, anche la pietra pensa.**

**Solo che i pensieri della pietra sono statici, invece i pensieri degli esseri viventi sono inclini alla dinamicità dell'etere.**

**Vladimir Grigorevich Shukhov**



## Nota dell'autore

Vladimir Grigorievic Shukhov, non è molto noto in occidente (a parte le Università di Stoccarda e Monaco). Non compare sui libri di storia dell'ingegneria. In Italia solo Casabella, nel novembre 1990, gli ha reso un degno omaggio.



La foto qui sopra, è abbastanza recente. E' il garage per Bus Bakhmetievsky progettato da Melnikov, con la copertura di V.G. Shukhov.

Al centro un cagnolino ci guarda.

*Le immagini pubblicate in questo articolo, la maggior parte di autori ignoti sono di dominio pubblico per avere più di 70 anni, come stabilito nell'Unione europea. Siamo comunque disponibili ad indicarne gli autori, se ci vengono segnalati.*

*Copertina: torre sull'Oka, controcopertina torre Shokolova*

**2 Edizione luglio 2014**

**Questa opera è pubblicata sotto  
Licenza Creative Commons**

**Attribuzione-Non commerciale-Condividi allo stesso modo  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/deed.it>**



**Fausto Giovannardi**

