ETH zürich

ETH Library

Vladimir Schukhov

Networks of construction

Doctoral Thesis

Author(s):
Nozhova, Ekaterina

Publication date:
2014

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-010189001

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

DISS. ETH Nr. 21940

Vladimir Schukhov: Networks of Construction.

Abhandlung zur Erlangung des Titels

DOKTORIN DER WISSENSCHAFTEN der ETH ZÜRICH

(Dr. sc. ETH Zürich)

vorgelegt von

Ekaterina Nozhova

Architektin, Architekturinstitut Moskau

geboren am *05.12.1979*

von

Russland

angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Uta Hassler
Prof. Dr. Manfred Schuller

20*14*

Zusammenfassung

Das Werk des russischen Ingenieurs Vladimir Schukhov (1853-1939) umfasst Patente für Dampfkessel, Schiffs- und Containerbau, die Erfindung des Crackverfahrens für Erdöl und den Bau der ersten Erdölleitung in Russland. Schukhov entwickelte neuartige Baukonstruktionen und Konstruktionsprinzipien: Hängedächer, Netzbögen und hyperbolische Gittertürme.

Schukhovs Zeit ist die grosse und heroische Phase der russischen Flächenindustrialisierung. Der Beginn seiner Karriere ist bestimmt durch die Einführung neuer Produktionsmethoden und den Aufbau neuer Kapazitäten, viele Verfahren wurden zunächst aus den USA und dem westlichen Europa übernommen. Suchov entwickelte in Kenntnis der Theoriebildung zeitgenössischer Ingenieurforschung pragmatische und zugleich kühn intellektuelle Konzepte für die grossen Aufgaben in Russland und entwickelte eigenständige neue Konstruktionsweisen. Durch die neu konzipierten Stukturen wurde er früh eine Autorität im Stahlbau; seine letzten Lebens-Jahrzehnte sind geprägt von Mangelwirtschaft, Ressourcenknappheit und der dringenden Notwendigkeit Industrien zu erneuern. In dieser schwierigen Zeit konnten dennoch grossartige Konzepte realisiert werden – wie z.B. der Schabolovskaya Sendeturm, der für viele Jahrzehnte das höchste Bauwerk in Russland blieb. Hier wird offenbar, wie differenziert der Einsatz von Ressourcen war, zugleich ist aber auch deutlich, dass die neuartigen Bauwerke gezielt als Fortschrittsmetaphern konstruiert wurden.

Der Einsatz neuer Stahlsorten in der russischen Industrialisierung wurde vor allem vorangetrieben im Verkehr (Eisenbahnbau, Schiffe, Lokomotiven), für die Energieerzeugung (Dampfkessel) und den Maschinenbau – im Vergleich zu diesen Gebieten war das Bauwesen von nachrangiger Bedeutung. Die Schlüsseltechnologien finden daher im Bausektor meist sekundäre Anwendung. Schukhovs Praktiken für die Umsetzung neuer Konstruktionsweisen müssen daher aus den zentralen Bereichen industrieller Entwicklung erklärt und abgeleitet werden: Technologietransfer, Material- und Produktgeschichte bilden die Rahmenbedingungen der Geschichte des Konstruierens für das Bauwesen.

Die Studie führt die Untersuchung der

- Prozesse der Industrialisierung zusammen mit der
- Analyse der verfügbaren und neuentwickelten Ingenieurtheorien und der
- Untersuchung der zeitgenössischen Materialproduktion.

Im Fokus stehen zunächst die **Materialien** (Eisen und Stahl), die **Produkte** (Profile und Bleche) und die **Verfahren** (Metall-Bearbeitungsmaschinen).

Die Problematik der **Konstruktionsprozesse** wird an unterschiedlichen Strukturtypen untersucht.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt bei der Untersuchung der **Herstellungsweisen** und der **Planungsmethoden**, die speziell für die Gitterstrukturen entwickelt wurden.

Auf dem Gebiet der Konstruktion hat die Sammlung von pragmatischen Methoden, die die wirkliche Größe der Elemente der grossen Formen definieren, einen separaten Zweig gebildet, die „Stereotomie“. Für Metallkonstruktionen enthalten zahlreiche Handbücher für Ingenieure und Kesselschmiede die grundlegenden Methoden und präzisierte Beispiele, vom Wasserkessel bis zum Brückenbau. Für die Konstruktion der Türme Schukhovs waren die traditionellen Methoden

der Risszeichnungen unzureichend. In der Arbeit werden daher Verfahren rekonstruiert, die die Produktion von Schablonen für hyperbolische Strukturen ermöglichten. Dies hilft unter anderem zu verstehen, wie die Abmessungen eines schematischen Umrisses auf die realen Stahlprofile übertragen werden konnten und erklärt die Komposition der komplizierten Gelenke.

Die Entwicklung neuer Strukturtypen (Gittergewölbe und Hängedächer) wird zunächst über die Theoriebildung und die Schriften Schuchows nachgezeichnet und analysiert. Im Vergleich zu Müller-Breslau und Föppl, die umfassende abstrakte Modelle der räumlichen Fachwerke entwickelt hatten, ging Schukhov von der (Bau-)Praxis aus und entwickelte Gittergewölbe als neue räumliche Darstellung des Bogens mit Zugelementen. Die Organisation der Elemente in den neuen Strukturen verlangte nach speziellen Detaillösungen: Beispiele für solche Details und die Problematik ihrer Umsetzung auf der Baustelle werden deshalb zusätzlich analysiert und dokumentiert.

Eine detaillierte Neuuntersuchung der Konstruktionsgeschichte des Schabolowskaja Turms zeigt die besonderen Eigenschaften des Objekts im Vergleich zu herkömmlichen (im ersten Viertel des zwanzigsten Jahrhunderts gebauten) Masten. Unter den wichtigen technischen Aspekten des Hochbaus werden Montageschemata und Methoden der Konstruktion ohne Gerüst erläutert.

Die Uebertragung der zunächst im Metallbau „abstrakt“ entwickelten neuen Strukturtypen auf Konstruktionen in Holz zeigt das differenzierte Vorgehen des Ingenieurs. Die Untersuchung zweier neuentdeckter hyperbolischer Gittertürme aus Holz macht einen markanten methodischen Unterschied im Vorgehen deutlich: im Holz ausgeführt könnte Schukovs Konstruktionsprinzip anders realisiert werden. Eine der Konstruktionen, ein Wasserturm, ist ein äusserst aufwendiger, für die Massenproduktion gedachter Prototyp, der eine grössere Vielfalt von Holzverbindungen verwendet. Ein anderer Prototyp, ein Kühlturm, ist so geplant, dass Basisparameter festgelegt, Ungenauigkeiten in der Detaillierung jedoch toleriert wurden. Die Strukturen wurden in verschiedenen Kontexten und für unterschiedliche Bauweisen entwickelt, beide Entwürfe entsprechen aber den durch Schukhov entwickelten Prinzipien und Qualitäten. Hier kann erstmals gezeigt werden, wie Fehlertoleranz und Berechnung und Kontrolle der Abweichungen antizipiert wurden.

Erweiterungen bisheriger Forschungsstände und neue Ergebnisse legt die Studie vor allem in folgenden Feldern vor:

- Entwicklung einer kommentierten Nomenklatur der Stahlsorten und Strukturprofile, die für die Konstruktion am Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts verwendet wurden.

- Analyse, Rekonstruktion und Dokumentation der historischen Baumethoden (wie z.B. Entwurf und Produktion der Schablonen, Verarbeitung und Montage, speziell im Fall von Blechstrukturen und hyperbolischen Gittertürmen).

- Auswertung neuer Archivmaterialien, Survey an ausgewählten Objekten (z.B. zum Moskauer Sendeturm), Bauforschung und Bauuntersuchung an neu entdeckten Holzstrukturen.

- Analyse der technischen Schriften Schuchovs, Ueberprüfung der Neuerfindungen struktureller Details im Kontext der russischen Industrialiserung, Neuuntersuchung konventioneller Prototypen; kritische Reflektion der „Theoriebildung zum Leichtbau“.

- Kritische Ueberprüfung der bisherigen Konzepte zum Verständnis von Technologietransfer, Kontrolle und Standardisierung in der Metall- und Holzindustrie, des Baustellenmanagements und der Verwissenschaftlichung von Bauwissen.

Abstract.

The vast range of works by Vladimir Schukhov (1853–1939) in his role as Chief Engineer at the engineering company of Aleksandr Bary includes patented inventions for steam boilers, petroleum engineering, shipbuilding and metal structures. Schukhov`s main contribution to structural design is embodied in the novel structures of hanging roofs, arched vaults and hyperbolic lattice towers, first realized in 1896.
The time of Schukhov`s professional activity coincided with a period when Russian industry in general underwent considerable changes. The beginning of Schukhov`s career was marked by the onset of new production methods and capacities, an inflow of foreign technologies, the development of engineering education and intensification of trade and construction. It was in this period that Schukhov designed and built the novel structures that were to bring him incontestable authority in structural engineering. The last decades of Schukhov`s work were characterized by military alignment and resource shortage, overshadowed by an urgent need to redevelop devastated industry. At this contradictory period, the world-famous Shabolovska tower was built, and remained for many decades the tallest structure of Russia.
In Russia, the use of newly developed grades of steel for construction purposes was of second-order compared to their applications in key industrial branches: transport (railroad construction, ships, locomotives), energy (steam boilers) and mechanical engineering (machines). This can explain the use of machinery of these areas, and some of their particular processing methods, in construction. Combining the theme of this technology transfer with the history of materials and specific products, this dissertation precisely traces the practices employed in implementing Schukhov`s novel designs.
The dissertation explores the particular processes and interpretations of industrialization set against the scope of contempory engineering theories and newly devised construction materials.

It starts with an overview of **materials** (steel and iron), **products** (profiles and sheets), and **instruments** (metal-processing machinery) used and produced in Russia during the period studied. This overview forms a solid reference that helps to explain further comments and remarks in the archival drawings, as well as artifacts revealed in examination of the structures themselves.

The subject of **construction process** is studied on the basis of Schukhov`s structures. A special emphasis is given to the **design** and **production methods** used in lattice structures.

In construction, *stereotomy* refers to the collection of practical applied methods used to define the actual size of elements, which together define larger geometries. Numerous manuals for engineers and boiler-makers contained the basic plotting methods and precise examples for metal structures, ranging from boiler and reservoir designs to bridges. The volumetric designs of Schukhov have marked differences compared to conventional structures, which meant traditional setting-out methods were insufficient. Chapter two reconstructs the possible process that could have been used to produce templates for hyperbolic structures, demonstrating how the dimensions of a schematic outline were transferred to the real components and how the complicated volumetric joints were designed.

The development of the new structural types (arched vaults and hanging roofs) is traced in Schukhov`s writings. Compared to Müller-Breslau and Föppl, who had developed abstract

comprehensive models of spatial frameworks, Schukhov moved away from standard practice and offered arched vaults as a new spatial representation of the arch with strings. The organization of elements within the new structural types demanded newly devised details; the examples of such details and their implementation on the construction site are thoroughly examined.

Next chapter outlines the construction history of Shabolovska Tower. It discusses the special qualities of the tower judged against a series of more conventional masts built in the first quarter of the twentieth century. Among the technical aspects of high-rise construction, assembly schemes and methods of constructing without scaffolding are represented.

With timber structures, we have revealed a striking methodological difference: in timber, one construction principle could have been realized differently. One version, the water tower, is a highly elaborate prototype intended for mass production, which uses an extended arsenal of wooden joints. Another prototype, the cooling tower, is a unique structure planned in a way which maintained general parameters, but tolerated inaccuracy in detailing. These structures were designed under different circumstances and intended for different kinds of manufacture, but both designs addressed structural principles and qualities developed by Schukhov. This part of the dissertation discusses the precision of construction and methods of its control.

The main objective of this dissertation was to define the novel construction and engineering practices that made such complex designs feasible. The new aspects this dissertation brings to light include:

- an extended and annotated nomenclature of steel grades and structural profiles used for construction at the end of the nineteenth and at the beginning of the twentieth century

- a detailed description of historical production practices, such as setting out, processing and assembly; examined especially in the case of sheet metal structures and lattice hyperbolic towers

- an outline of an extended construction history of a renowned work – the Shabolovka Tower. Where most of the archival material employed is here published for the first time.

- both timber hyperbolic lattice towers were discovered in undertaking this research. It allowed the subject of how the structural principle was applied to different construction materials.

-based on the engineering writings of Schukhov that analyse structural details and conventional prototypes, the dissertation verifies the definition of his structures as “shells”, which has entered discourse through previous research into of Schukhov`s works, and disputes the characteristic of “lightness”, which for years was posited as a prime feature of Schukhov`s structures.

-the dissertation touches upon the themes of technology transfer, control and standardization in metal and wood industry, construction site management and the scientification of construction knowledge, and thus, focusing on the practical aspects of construction, allows deeper insight into engineering design process.