

U/304

Michajlov, A. S., Ėpštejn, M. M. (Ingenieure)

EINIGE BESONDERHEITEN BEI DER PLANUNG DER SCHLEUSE DES  
WASSERBAUKOMPLEXES VON ĆEBOKSARY

Deutsche Vollübersetzung aus:

Trudy Hidroproekta. Moskva, 42 (1974), S. 97 - 103.

Russ.: НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТА ШЛЮЗА  
ЧЕБОКСАРСКОГО ГИДРОУЗЛА

Nekotorye osobennosti proekta šljuza Ćeboksarskogo  
gidrouzla

Im vorliegenden Aufsatz werden beschrieben: das äquiträge Verteilersystem der Schleusenversorgung, die in Riegelbauweise hergestellten zentralen Anlegestellen in den Zufahrten, die wasserfassenden Umläufe zum Entleeren unter die halbe Wassermenge des UW, die Absperrungen vor den unteren Schleusentoren und andere Maßnahmen zur Sicherstellung der Bewältigung des Lastverkehrs bei zwei Schleusenkammern mit den für andere Wolga- und Kama-Schleusen geltenden Maßen. Auch untersucht wurden Besonderheiten bei der Planung der Ausrüstung der Schleuse, statische Festigkeitsberechnungen der Schleusenkammern zur Bestimmung der optimalen Schleusen hinterfüllungen.

4 Abb., keine bibliograph. Angaben.

Mit Abschluß der Bauarbeiten an der letzten Stufe der Wolga-Kaskade, nämlich des Wasserbaukomplexes von Čeboksary<sup>1)</sup>, wurde ein durchgehender tiefer Schifffahrtsweg geschaffen, der die südlichen und nördlichen Meere der UdSSR miteinander verbindet. Die große Wirkung, die vom Bau des Wasserkraftwerkes Čeboksary für den Binnenverkehr ausgeht, läßt sich nicht nur dadurch erklären, daß der letzte Wolga-Abschnitt mit begrenzten Wassertiefen beseitigt wurde, sondern auch dadurch, daß im UW der darüberliegenden Schleuse am Wasserbaukomplex von Gorodec ausreichende Wassertiefen geschaffen wurden. Die Sperrstelle des Wasserbaukomplexes Čeboksary ist in Bezug auf den Güterumschlag die intensivste am Wolga-Kama-Flußverlauf. Dieser Umstand machte es erforderlich, die Erfahrung beim Betrieb der bereits existierenden Schleusen zu untersuchen und auszuwerten, und auf dieser Grundlage bei der Planung die rationellsten Planungsentscheidungen zu treffen, wodurch vor allem eine maximale Durchlassfähigkeit der Schleuse erreicht werden konnte und auch, daß die Gebäude und Anlagen beim Betrieb leicht zugänglich und insgesamt wirtschaftlich sind. Nach diesen Vorstellungen lassen sich auch die wesentlichsten Besonderheiten eines Schifffahrtsanlagen-Planes erklären.

Um sicherzustellen, daß der besagte Gütertransport bewältigt werden kann, wurde ursprünglich eine Variante einer Dreikammer-Schifffahrtsschleuse in Betracht gezogen. Aber im letzten Entwurf konnte durch ein äußerst zuverlässiges Versorgungssystem zusammen mit einer Unmenge anderer Maßnahmen sichergestellt werden, daß auch mit zwei Kammern der in Größe und Umfang angenommene Güterumschlag der Wolga- und Kama-Schleusen bewältigt werden kann.

Das im Entwurf enthaltene äquiträge Verteilerversorgungssystem ist das Ergebnis einer Untersuchung von vielen möglichen Varianten einer konstruktiven Lösung mit ausführlichen hydraulischen Einzeluntersuchungen an Modellen im wissenschaftlichen Forschungsinstitut "Gidroproekt" (Moskau). Der grundsätzliche Unterschied zwischen dem Versorgungssystem der Čeboksarer

---

<sup>1)</sup> Hauptstadt der Čuvašischen Autonomen Sowjetrepublik, an der Wolga, zwischen Gor'kij und Kujbyšev. (Anm. d. Übers.)

Schleuse und den bekannten, in der UdSSR gebauten Verteilersystemen an anderen Schleusen besteht darin: beim Füllen der Schleuse tritt Wasser in die Kammer durch Öffnungen, die auf der gesamten Wand auf gleicher Höhe liegen. Dabei wurden die Schleusenkammern in der Länge auf vier Abschnitte unterteilt. In jedem Abschnitt ist praktisch der gleiche Druck gewährleistet. Dies wird dadurch erreicht, daß in den Schleusenboden drei Umläufe eingebaut sind, parallel zur Schleusenachse, von denen nur der mittlere Umlauf mit den Wasserauslässen verbunden ist. Die übrigen sind dafür vorgesehen, beim Füllen Wasser in die entlegenen Bereiche zuzuführen und beim Entleeren Wasser abzuführen (Abb. 1).

Lage und Abmessungen der Verbindungsluken zwischen den mittleren und äußeren Umläufen, aber auch die Abmessungen der Wasserabläufe und ihre Lage sind nach hydraulischen Berechnungen bestimmt, die von den Sicherheitsbedingungen zur optimalen Ruhigstellung der Schleusenschiffe beim Füllen und Leeren der Kammern ausgehen. Dies wird erreicht, indem praktisch gleich große Gefälle erzeugt werden, und folglich auch die Wassermenge in allen Wasserabläufen gleich ist. Eine derartige Verteilung des in die Schleusenkammern gelangenden Wassers läßt eine Steigerung der Hubgeschwindigkeit des Wasserpegels auf 2,5 m/min zu, wobei auch bei den heutigen großen Schiffen eine gute Ruhigstellung erreicht wird.

Das oben Gesagte läßt sich in vollem Umfange auch auf den Entleerungsvorgang übertragen. Zum Vergleich geben wir die Hubgeschwindigkeiten des Wasserspiegels an einigen großen Schleusen mit Schleusenverteilersystem an: Schleuse des Kujbyšever Wasserbaukomplexes 1,82 m/min; Schleuse des 22. KPdSU-Kongreß-Wolgakraftwerkes 1,94 und 1,54 m/min (für OW und UW);

---

Abb. 1. Čeboksarer Schleuse (Beschreibung zu S. 4)

a) Querschnitt; b) Draufsicht: 1) Bereiche der Wassereinlässe mit gleichem Druck; 2) Fahrweg des Bockkrans; 3) Hydraulik-antrieb der Schutzvorrichtung; 4) Schutzvorrichtung; 5) Umläufe zum Abführen des Wassers in den Ablaufboden des Wasserbaukomplexes; 6) Hauptumläufe; 7) Verbindungsluken; 8) blinde Umläufe; 9) Bockkran.

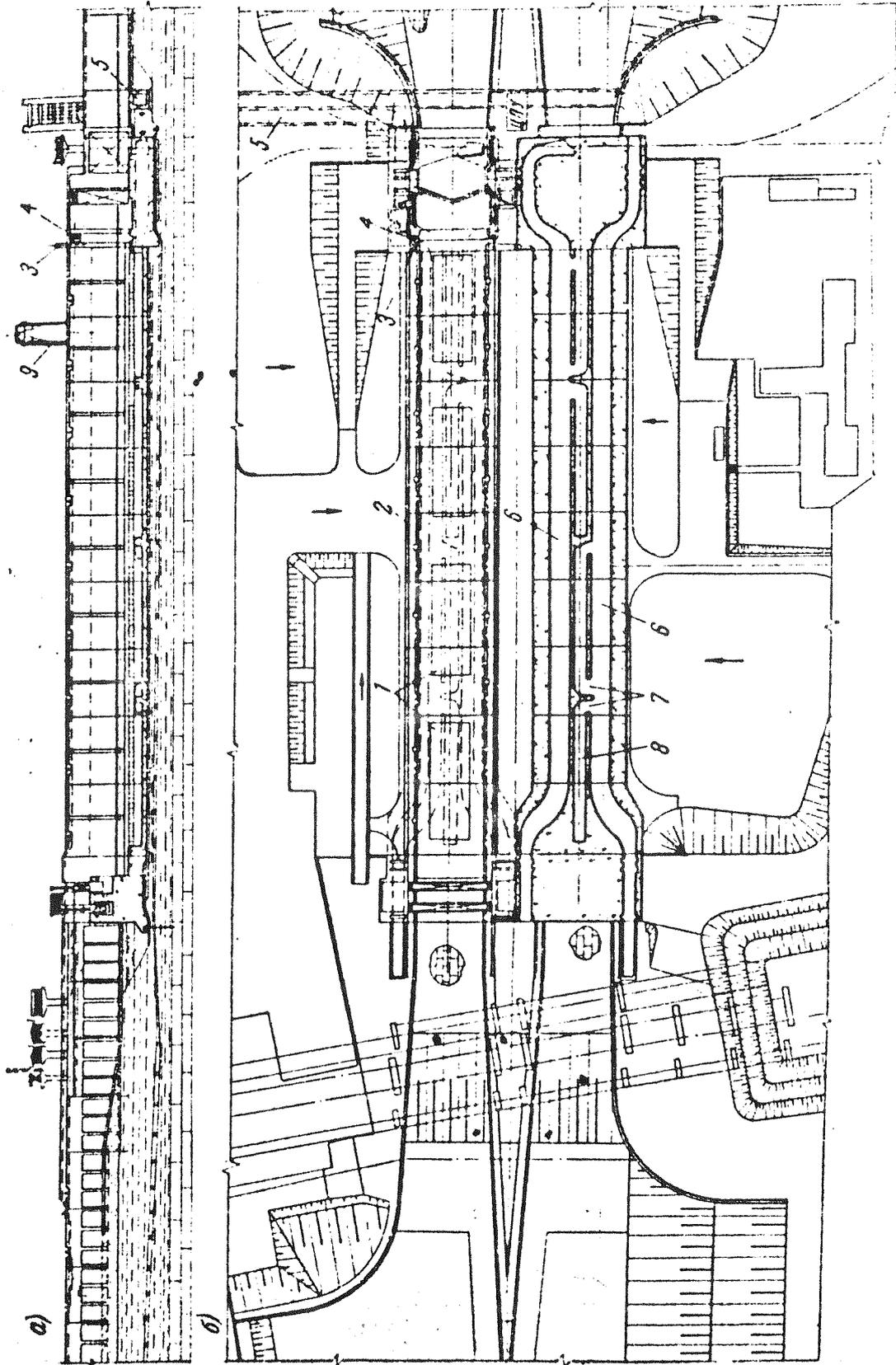


Abb. 1. Čeboksarar Schleuse (Beschreibung siehe S. 3)

Schleuse des Votkin-Wasserkraftwerkes 1,77 m/min. Diese Werte, die in direkter Abhängigkeit die Füll- und Leerzeiten der Schleusen bestimmen, bezeichnen auch die Vollkommenheit des Füllsystems und seine Wirtschaftlichkeit.

Eine derart schnelle Veränderung des Wasserstandes in den Kammern von Zweikammerschleusen mit einem Fassungsvermögen von mehr als 18 m Druckhöhe bei Wolgaschleusen bestimmte die großen Füll- und Leermengen (bis zu 1 200 m<sup>3</sup>/sec). Sie verlangten ihrerseits zusätzliche Maßnahmen zur Sicherstellung normaler hydraulischer Verhältnisse im OW und insbesondere im UW der Zufahrtskanäle bei Schiffen, die auf die Schleusung warten, und bei Schiffen, die eine Schleusenkammer befahren, während die andere Schleusenkammer gefüllt (geleert) wird.

Um auszuschließen, daß die Bedienung der einen Schleusenkammer auf die Arbeitsweise der anderen Schleusenkammer sowohl im OW als auch im UW der Zufahrtskanäle Einfluß nimmt, sind auf beiden Seite zentrale Anlegestellen vorgesehen. In ihrem unteren Abschnitt besitzen diese Anlegestellen Durchbrüche, nach hydraulischen Untersuchungen bestimmt, mit denen man in den Zufahrtskanälen dahinter die zulässigen Quergeschwindigkeiten erreichen kann. Zur Verbesserung der Haltebedingungen der Schiffe im unteren Zufahrtskanal, zur Minderung der Entleerungswelle und der Rückdruckgröße auf die UW-Schleusentore sind im UW der Schleuse besondere Umläufe vorgesehen, die mit den Entleerungsumläufen der unteren Schleusenhäupter verbunden sind und die Hälfte des Wassers jenseits des befahrbaren Kanals in den Ablaufboden des Wasserkraftwerkes abführen.

Eine starke Senkung der Hinterfüllungen der Schleusenkammerwände ist ebenfalls eine Besonderheit dieses Bauprojekts. Durch Baustellenuntersuchungen an bereits existierenden Schleusen wurde bekanntlich festgestellt, daß die tatsächlichen Werte des Seitendrucks aus der Hinterfüllung auf die Schleusenwände 2,5 bis 3 mal größer sind als die rechnerischen Werte. Dies läßt sich durch Einwirkungen der (früher unberücksichtigten) Bodenbelastungen erklären, die durch Verformungen der Kammer-

segmente bedingt sind. Diese Verformungen kommen zustande durch Temperaturschwankungen in der Umgebung und den Schwankungen des Wasserspiegels beim Füllen und Entleeren. Außer dem Erdrückdruck, hervorgerufen durch Eigenverformungen, sind die Kammern von Doppelschleusen bei enger Anordnung der Schleusenammern auch noch Belastungen aufgrund von Verformungen der Verbindungsfuge ausgesetzt, man nennt das das "Aufschwimmen" der einen Kammer auf die andere. Diese und andere, von der Höhe der Hinterfüllung abhängige Belastungen erschweren sehr stark die Funktionsweise der Kammer- teile. Zur Minderung der Einflüsse aus den zusätzlichen wie auch den allgemeinen Belastungen, die beim Leeren auf die Kammern einwirken, sowie für einen sparsamen Materialeinsatz für die Schleusenbauten wurden die Markierungen der Hinterfüllungen der Wände um 7 m gegenüber den Markierungen der Bedienungsebenen abgesenkt.

Bei der Planung der Kammern der Čeboksarer Schleuse wurde erstmals das vom Leningrader Unions-Forschungsinstitut für Projektierungen und Untersuchungen (LenGidroproekt)<sup>2)</sup> erarbeitete Berechnungsverfahren benutzt. Dabei wurden nicht nur all die oben genannten Belastungen berücksichtigt, sondern auch der Einfluß der einen Kammer auf die andere, der durch das Fundament übertragen wird (Abb. 2). Mit diesen Berechnungen konnte festgehalten werden, daß die Kammeraußenwände unter Bedingungen stehen, die vom Verhalten der Kammerwände zwischen den beiden Schleusen abweichen. Letztlich ermöglichten die durchgeführten Berechnungen, daß man den Spannungszustand aller Kammerteile vollständig und vollkommen richtig berechnen konnte, die Bewehrung rationell einzusetzen und auf dieser Grundlage einen wirtschaftlichen Nutzen zu erzielen.

Eine bedeutende Besonderheit bei der Planung der mechanischen Anlagen der Čeboksarer Schifffahrtsschleuse ist die Verwendung von Bockkränen, die den gesamten schiffbaren Raum erfassen.

---

<sup>2)</sup> Leningradskij Vsesojuznyj proektno-isyskatel'nyj naučno-issledovatel'skij institut (Anm.d.Übers.).

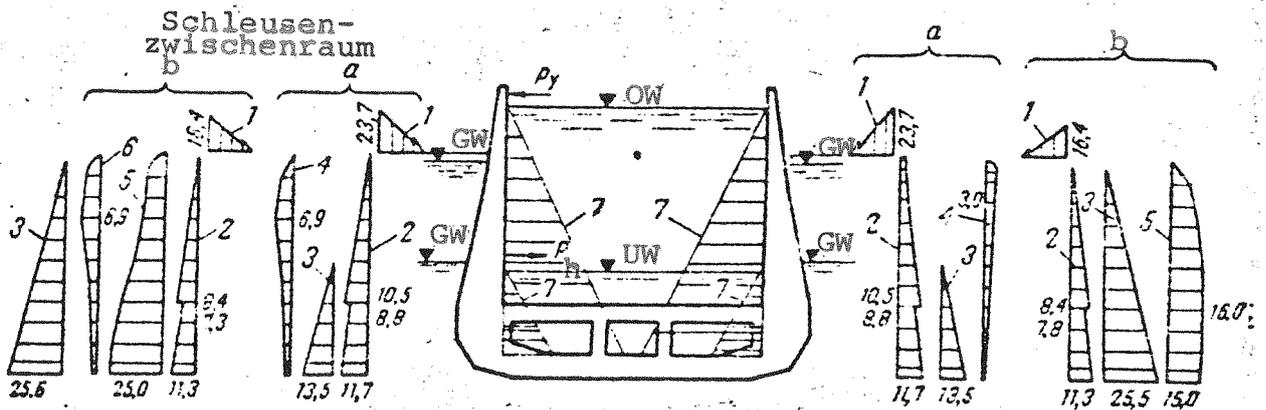


Abb. 2. Schematische Darstellung der Lasteinwirkungen auf die Schleusen-kammer

a) bei leerer Kammer; b) bei gefüllter Kammer; 1) vertikale Komponente des aktiven Erddrucks; 2) horizontale Komponente des aktiven Erddrucks; 3) hydrostatischer Wasserdruck auf die Talseite; 4) Bodenrückdruck, bedingt durch den hydrostatischen Wasserdruck in der Kammer; 5) Bodenrückdruck, bedingt durch Temperaturverformungen der Kammerkonstruktion; 6) Bodenrückdruck, bedingt durch das "Aufschwimmen" der gefüllten Nachbarkammer; 7) hydrostatischer Wasserdruck auf die Stirnseite;  $P_y$  Belastung durch Schiffsstöße;  $P_h$  Haltekraft.

Wie die Erfahrung zeigt, hängt das normale Funktionieren von Schleusen sehr stark von ihrer Ausstattung mit Lasthebevorrichtungen ab, die nicht nur zur Betreuung der wichtigsten mechanischen Anlagen notwendig sind, sondern auch zum Reinigen der Wassereinläufe von angeschwemmtem Unrat und der Kammern von Holz und auch zur Durchführung von Reparaturen und zum Transport von Lasten im und aus dem Schleusenzwischenraum und zu den Schleusenhäuptern. Bei den existierenden Schleusen werden heute noch für jede Art von Arbeit normalerweise spezielle Geräte und Vorrichtungen benutzt. So sind z.B. für die Wartung der Verschlüsse der Wasserumläufe und der sonstigen mechanischen Vorrichtungen an den Verankerungen der Schleusenhäupter Brücken- oder Bockkräne vorgesehen, die auf der jeweiligen Verankerung angebracht sind. Zur Wartung der Wasserverschlüsse sind spezielle Hebevorrichtungen und Reinigungsgeräte vorgesehen. Falls Reparaturen oder Wartungen der Kammerschwimmringe notwendig sind, werden besondere mobile Raupenkräne ein-

gesetzt. Zur Zubringung von Lasten in den Schleusenzwischenraum sind Rollbrücken, Lastenaufzüge bzw. besondere An- und Abfahrten mit normalerweise hochliegenden Brückenüberführungen vorgesehen. Falls eine Reparatur an den Schleusentoren oder ein Austausch derselben notwendig wird, aber auch bei Reparaturen und beim Reinigen der Schleusenkammern und -häupter tritt die Notwendigkeit auf, daß Spezialhebevorrichtungen angebracht werden müssen. Diese vielfältigen und unterschiedlichsten Mechanismen an einer einzigen Schleuse führen dazu, daß sie unwirtschaftlich eingesetzt werden, daß der Betrieb erschwert wird, und sie erzeugen eine Menge überflüssiger Betriebsverzögerungen.

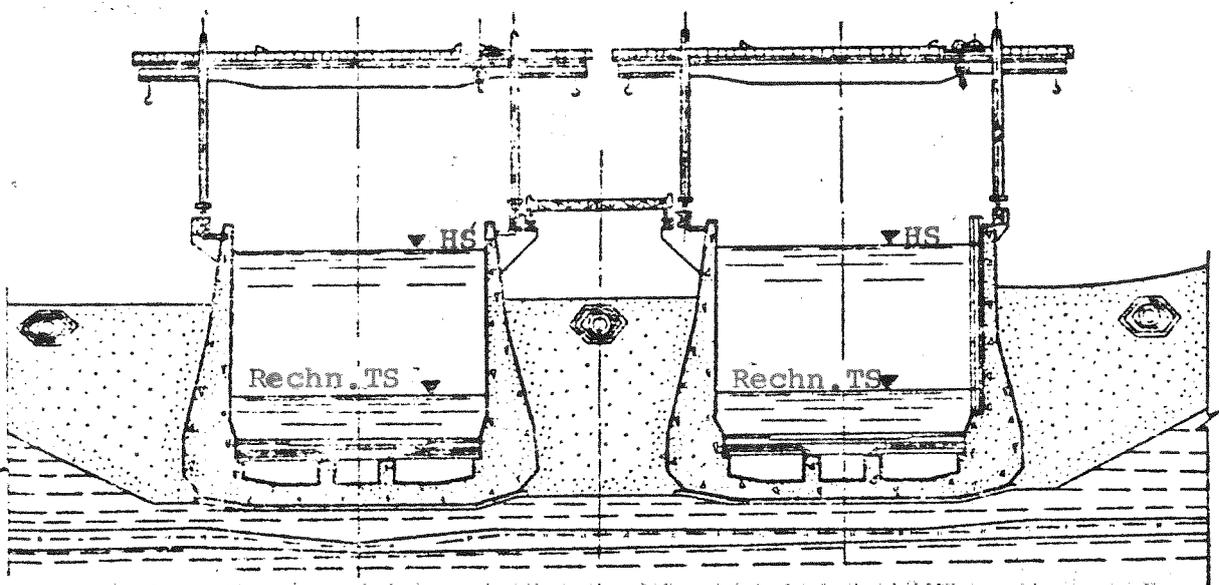


Abb. 3. Querschnitt durch die Kammern mit den Bockkränen

An der Votkin-Schleuse<sup>3)</sup> wurde erstmals der Versuch unternommen, eine Kranausrüstung umfassend einzusetzen, unter Verwendung von Bockkränen, die über die gesamte Schleuse mit Kammern und Schleusenhäuptern hinausgehen. Für die Čeboksarer Schleuse

<sup>3)</sup> Näheres hierzu siehe: Smolczyk, U., Pertschi, O., Hilmer, K.: Messungen an Schleusen in der UdSSR. - Schleusennorm der UdSSR (SN 303-65). Stuttgart: 1976. (Mitteilungen des Baugrundinstituts Stuttgart 5). (Anm.d. Übers.)

wurden Konsolbockkräne gewählt, die den schiffbaren Raum abdecken (je ein Kran pro Schleusenammer) und über die OW-Anlegestellen hinausfahren können (Abb. 3). In diesem Fall kann man mit den Kränen alle Schleuseneinrichtungen bedienen, einschließlich der Schwimmringe, die Wassereinläufe von Unrat säubern und alle Operationen durchführen, um Lasten an einen beliebigen Punkt des Schleusenbereichs zu befördern. Die Kräne können auch zur Erstmontage der Anlagen und zur Durchführung von Bauarbeiten benutzt werden.

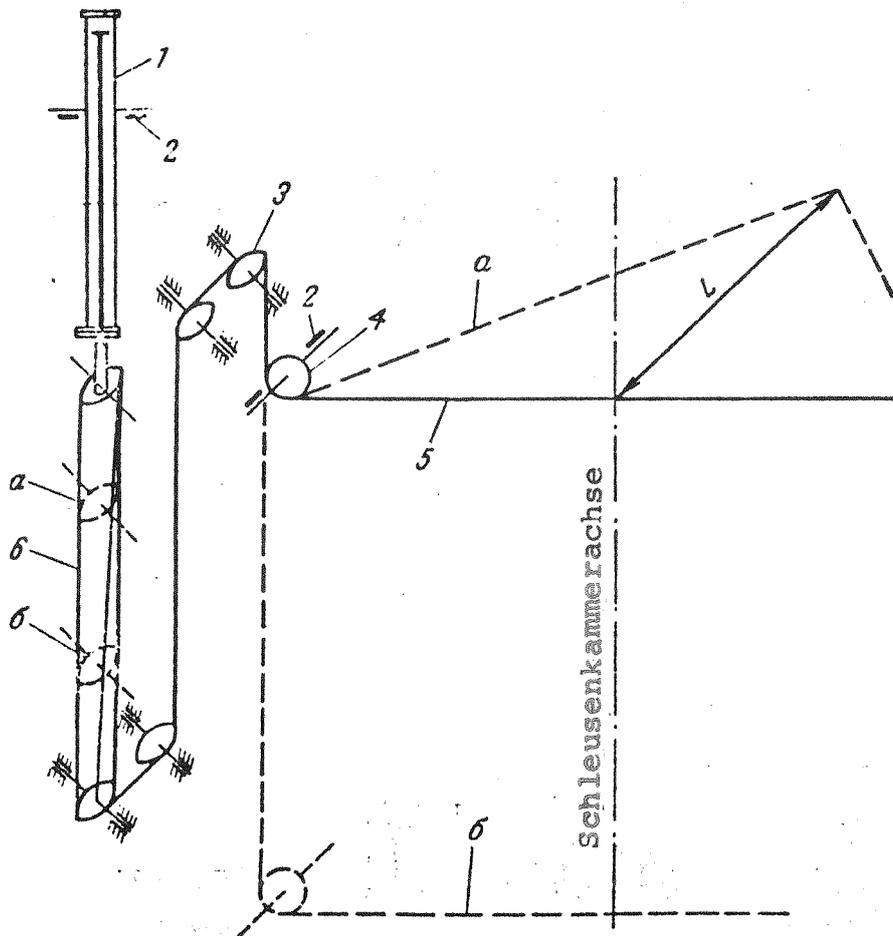


Abb. 4. Kinematische Darstellung der Sperrvorrichtung.

a) Stellung der Sicherungseinrichtung beim Abbremsen der Schiffe; b) Stellung der Schutzvorrichtung bei Schiffspassagen; 1) hydraulischer Zylinder; 2) Anschlag; 3) unbeweglicher Block; 4) beweglicher Block; 5) Arbeitsteil; 6) Flaschenzug; L Schiffsbremsweg.

Diese Kräne bestimmten dann die Lage der wichtigsten Brückenüberführungen an den OW-Anlegestellen. Aus diesem Grunde mußte die Schleuse etwas in UW-Richtung verschoben werden. Aus dem gleichen Grund wurde auch die Schleusenhauptverwaltung ans UW verlagert, jenseits der Arbeitsbereiche der Kräne.

Die wichtigsten mechanischen Schleusenvorrichtungen und auch die Konstruktionen der Schleusenhäupter und -kammern (aus Stahlbeton) unterscheiden sich in keiner Weise von den früheren, bei den bereits existierenden Schleusen ausgetesteten Lösungen. Zu den Besonderheiten des Projekts kann hier lediglich die Absperrung vor den zweiflügligen Toren der UW-Häupter gezählt werden. Wie bereits gesagt, wurde zur Berücksichtigung der hohen Verkehrsdichte des Čeboksarer Wasserbaukomplexes die Konstruktion der Absperrung besonders berücksichtigt. Sie muß nicht nur als Schutzvorrichtung gegen unbeabsichtigtes Auffahren von Schiffen auf die Tore dienen, sondern auch eine höhere Einlaßgeschwindigkeit von Schiffen und Verbänden in die Schleusenkammern gestatten, indem sie die Funktion einer Bremsvorrichtung übernimmt. Die von Mosgidrostral<sup>4)</sup> entwickelte Konstruktion der Absperrung (Abb. 4) basiert auf der Verwendung hydraulischer Zylinder, die in senkrechten Schächten der UW-Widerlager liegen und über Trossen mittels Block- und Flaschenzügen mit der Arbeitseinheit verbunden sind. Die rechnerisch zulässige Belastung auf die Absperrung beträgt  $2\ 000\ \text{t/m}^2$ , was dem Auffahren eines Schiffes mit einer Wasserverdrängung  $W = 6\ 750\ \text{t}$  und einer Fahrgeschwindigkeit  $v = 2,4\ \text{m/sec}$  oder eines Verbandes mit  $W = 16\ 000\ \text{t}$  und  $v = 1,5\ \text{m/sec}$  standhält. Die Verwendung einer solchen Absperrung während des Betriebs ermöglicht eine Verkürzung der Schleusungszeit für Schiffe und Verbände und steigert dadurch das Durchlaßvermögen einer Schleuse.

<sup>4)</sup> Moskovskij gosudarstvennyj institut stal'nych konstrukcij - Moskauer Staatl. Institut für Stahlkonstruktionen (Anm.d.Übers.)

Stuttgart, den 15. Mai 1987

Übersetzungsstelle  
der Universitätsbibliothek Stuttgart

Übersetzt von

*Ottmar Pertschi*

(Ottmar Pertschi)  
Dipl.-Übersetzer