

January 2021

## FESTIGKEITSBESCHREIBUNG DES SCHWERBETONS AUF ALKALISCHLACKEN – BINDEMITTEL

A Tulaganov

*Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering, jakhongir.2021@bk.ru*

S Hodjaev

*Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering*

A Sultanov

*Samarkand State Institute of Architecture and Construction*

B Tulaganov

*Samarkand State Institute of Architecture and Construction*

B Otakulov

*Samarkand State Institute of Architecture and Construction*

*See next page for additional authors*

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/taqi>



Part of the [Civil and Environmental Engineering Commons](#), [Economics Commons](#), and the [Environmental Design Commons](#)

---

### Recommended Citation

Tulaganov, A; Hodjaev, S; Sultanov, A; Tulaganov, B; Otakulov, B; Hodjaev, N; and Abdasov, D (2021) "FESTIGKEITSBESCHREIBUNG DES SCHWERBETONS AUF ALKALISCHLACKEN – BINDEMITTEL," *The Scientific-Practice Journal of Architecture, Construction and Design*: Vol. 1 : Iss. 1 , Article 5. Available at: <https://uzjournals.edu.uz/taqi/vol1/iss1/5>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in The Scientific-Practice Journal of Architecture, Construction and Design by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

---

# FESTIGKEITSBESCHREIBUNG DES SCHWERBETONS AUF ALKALISCHLACKEN – BINDEMITTEL

## Authors

A Tulaganov, S Hodjaev, A Sultanov, B Tulaganov, B Otakulov, N Hodjaev, and D Abdasov

## FESTIGKEITSBESCHREIBUNG DES SCHWERBETONS AUF ALKALISCHLACKEN – BINDEMittel

TULAGANOV A.A., HODJAEV S.A., SULTANOV A.A., TULAGANOV B.A.,  
OTAKULOV B., HODJAEV N.B., ABDASOV D.R. (TASI, SamGASI)

*В статье приведены закономерности описания прочности тяжелых бетонов на основе безобжиговых щелочных вяжущих. Показано, что прочность записывается в качестве функции обобщенного аргумента.*

*Мақолада куйдирилмасдан олинадиган боғловчилар асосидаги оғир бетонларнинг мустаҳкамлигини ёритиладиган қонуният келтирилган. Бу мустаҳкамлик умумлаштирилган рағумент функцияси бўйича ёзилиши кўрсатилган.*

*The article describes the laws of describing the strength of heavy concrete based on non-calcined alkaline binders. It is shown that strength is written as a function of the generalized argument.*

**Ключевые слова:** безобжиговые щелочные вяжущее, тяжелый бетон, свойства, прочность, качества.

Die Betonfestigkeitsbeschreibung von Alkalischlacken-Bindemittel (ASB) ist ein nicht ausreichend gut studiert, wegen seiner verschiedenweise kurzen Anwendungsfristen. Auf Makro- und Mikroebene ähnliche Struktur wie Betone auf traditionelle Bildungsarten.

Das Studium der Gesetzmäßigkeiten der Festigkeitsbildung dieses Stoffes muss man darum auf seit Jahrhundert verarbeiten Methodologie, die im Betonwesen angenommen ist, gründen. So für die Beschreibung feinkörnigen Betons auf ASB auf Druck, die bei der Auswahl seiner Zusammensetzung benutzt wird, wird lineare Abhängigkeit vom schlackenlöslichen Beziehung ( $Sch/L$ ) angenommen, die die Struktur nach der bekannten Bolome – Formel bewahrt [1]:

$$Sch/L = \frac{A_s * R_b}{R_{28} + 0.8A_s * R_b} \quad (1)$$

$R_b$  – die Merke der ASB nach der Lösungsfestigkeit beim Druck, MPa;

$A_s$  – Koeffizient, der die Qualität des benutzten Sandes charakterisiert.

Grundlegen ist die Annahme der Konglomerat Theorie, nach der auch die Betonfestigkeit auf verschiedenen Bindearten durch das Hartwasserverhältnis ihrer Zusammensetzung bestimmt wird.

Spezifisch für die Herstellungstechnologie des Betons auf ASB ist die Bestimmung des

Schlackenlöslichenverhältnisses bei möglichen Veränderungen der Lösungsdichtigkeit des bestimmten Alkalimetalls. Zu Analysenzwecken und Vergleich ist es wichtig einen Übergang von dem schlackenlöslichen Verhältnis zu überallübriger Größe des Hartwasser – Faktors zu verwirklichen. Der hingewiesene Übergang kann man mit Berücksichtigung des trockenen Restes der Lösung  $m$  im Zähler des Verhältnisses und Veränderung des Lösungsvolumens  $\Delta V = LR_v$  im Nenner verwirklichen

$$\frac{H}{W} = \frac{Sch + Lm}{L - LK_v} = \frac{\frac{Sch}{L} + m}{1 - K_v} \quad (2)$$

Für die Berechnung der Gemeinsamen Abhängigkeit ist es bequem, mittlere Bedeutungen des trockenen Restes  $m$  und Steigerung des Lösungsvolumens  $V$  zu stellen, die als Funktion der Lösungsdichtigkeit auf der Grundlage der Abhängigkeiten ausgedrückt und in der Arbeit [2] vorhanden sind.

Als Resultat der obengenannten Stellung und Verwandlungen bekommen wir

$$\frac{H}{W} = \frac{\frac{Sch}{L} + \rho(\rho - 1)}{1 + 2 - \rho - \frac{1}{\rho}} = \frac{\frac{Sch}{L} + \rho(\rho - 1)}{3 - (\rho + \frac{1}{\rho})} \quad (3)$$

Auf der Grundlage dieser Formel sind der Rechenwerte  $H/W$  in der Abhängigkeit von  $Sch/L$  und Dichtigkeit der benutzten Alkalilösung bestimmt (Tabelle 1; Abbildung 1).

Tabelle 1

$\rho, g/cm^3$	H/W bei verschiedenen Bedeutungen Sch/L			
	2,0	2,5	3,0	3,5
1,1	2,13	2,64	3,14	3,64

1,2	2,33	2,85	3,37	3,90
1,3	2,54	3,07	3,62	4,15

Hartwässriges Verhältnis ist eine komplizierte Funktion des Schlacken-Lösungs-Verhältnisses und der Dichtigkeit der benutzten Alkalilösung, durch den algebraischen Bruch ausgedrückt ist (3). Aber die Rechenanalyse, die in der Tabelle 1 sind, zeigt, dass bei  $f = \text{const}$  der errechnete algebraische Bruch genug durch gerade Linie approximiert wird (Abb. 1).

Die erfüllte Analyse zeigt, dass der Übergang von Abhängigkeit  $R_b = f\left(\frac{Sch}{L}\right)$  zur echten Abhängigkeit  $R_b = f\left(\frac{H}{W}\right)$  mit genügen Genauigkeit im Ergebnis der Linealen Umgestaltung verwirklicht werden kann und die grafischen Darstellungen dieser Funktionen durch parallelen Übertragen des Anfanges von Koordinaten vereinigt werden können.

Empfangene Angaben erweisen nutzbar für die Erfüllung praktischer Aufgaben des Vergleiches der Aktivität des ASB und traditionelle Arten der Zemente.

Die Bestimmung der Aktivität des ASB wird bei  $L/Sch=0,32+0,34$  ( $Sch/L=3$ ) erfüllt, wobei die bei diesen Versuchen verwirklichenden Hart-Wasser-Faktoren verändern sich in Abhängigkeit von Festigkeit der ausnutzenden Alkali – Lösungen im Entsprechen mit in der Tabelle 1 gegeben Werten.

Die scheinbare Vergrößerung der Aktivität von ASB entspricht ungefähr dem Verhältnis der genannten Werte von  $H/W$  und des Zements – Wasser – Faktors, der bei Prüfungen der traditionellen Bindemittel angenommen ist.

Tabelle 2

$\rho, g/cm^3$	1,10	1,20	1,30
k	1,25	1,35	1,45

Solche Umrechnung ist korrekt, weil sich die Festigkeit der Lösung im Gebiet von  $2,5 < 2/B < 3$ , die Aktivität der Zemente bestimmend, direkt proportional diesem Argument ändert [3].

Im Entsprechen mit Nachschlagewerten [1] ändert sich die Aktivität des ASB auf Elektrotermophosphor – oder Blei – Schlacken und verschiedenen Arten der Schlackenlösungen im Grenzwert von 30,0 MPa bis 100,0 MPa. Die Umrechnung der gezeigten Werte unter Berücksichtigung der in der Tabelle 2 angegebenen Abstimmungsfaktoren zeigt, dass die Aktivität des ASB ungefähr den einfachen Zementen entspricht. Die Möglichkeit der Herstellung hochfester Betone und Lösungen auf dieser Art des Bindemittels erklärt man mit der Realisierung der höheren Hartwasser-Beziehungen der Zusammensetzungen bei der Benutzung des ASB.

In Gebrauch der obengenannten Schlussfolgerungen analysieren wir die für die Berechnung der Festigkeit von Beton auf ASB Empfehlende Formel (2). Vor allem

muss man anmerken, dass diese Formel den Einfluss der Festigkeit alkalischer Lösung nach Festigkeit des Betons nur für Rechnung der verändernden in diesem Fall Aktivität des Bindemittels betrachtet. Folglich, die Aktivität des ASB muss man für alle benutzenden Bedeutungen der Festigkeit von Alkali – Lösung experimental bestimmen, dass es sehr schwer ist.

Dieser Umstand, dass die Festigkeit des Betons als deutliche Funktion der der Lösungsdichte in der Formel (2) nicht ausgedrückt wird, erschwert die Auswahl und die Korrektur der Betonzusammensetzung in Produktionsbedingungen in Berücksichtigung der veränderlichen Feuchtigkeit der Zuschlagstoffe.

Auf solche Weise stellt genauere Formelbestimmung der Festigkeit des Betons auf ASB theoretisches sowie praktisches Interesse unbestreitbar vor.

Die Versuchsdaten der Festigkeit des Schwerbetons auf ASB auf der Basis von Termophosphorschlacke und Natriumdisilikat werden in der Tabelle 3 dargestellt.

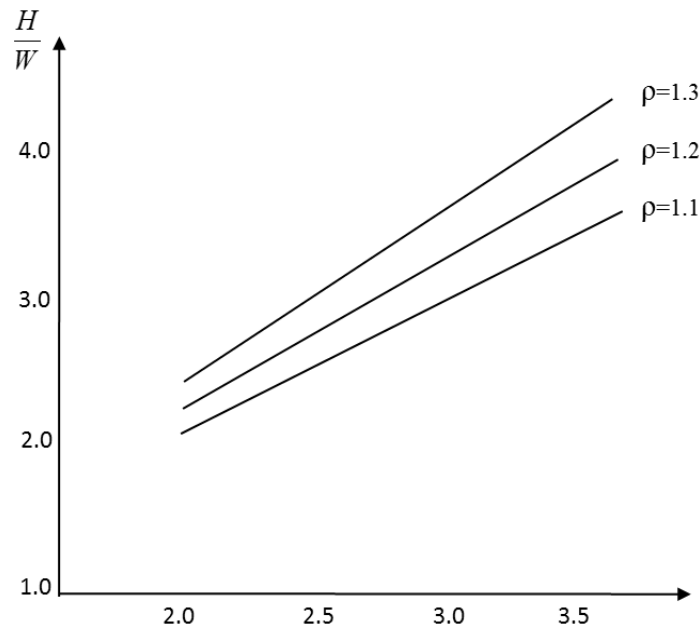


Abb. 1. Abhängigkeit  $\frac{H}{W} = f\left(\frac{Sch}{L}\right)$  bei  $\rho = \text{const}$

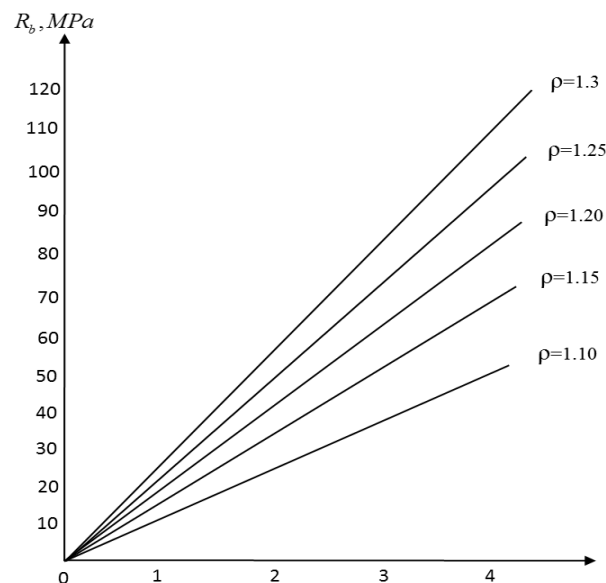


Abb. 2. Abhängigkeiten  $R_b = f\left(\frac{Sch}{L}\right)$  bei  $\rho = \text{const}$ . Alkalikomponente –  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$ .

Die grafischen Darstellungen der Abhängigkeit  $R_b = f\left(\frac{Sch}{L}\right)$  bei  $\rho = \text{const}$ , die nach Daten von Tabelle 3 aufgebaut wurden, approximieren sich mit dem Bündel der praktisch durch Koordinatenursprung gehenden Geraden (Abb. 2). Relativ bedeutendere Abweichungen von der durch Koordinatenursprung gehenden Gerade  $R_b = f\left(\frac{Sch}{L}\right)$  hatten nur bei der Nutzung der

Alkalilösung mit hoher Dichte  $\rho \approx 1,3 \text{ kg/l}$  statt. Die durchgeführte Prüfung zeigte, dass die bestimmende Tendenz bei der Ausnutzung anderer Alkalibestandteile auch blieb und mit der übereinstimmenden Abhängigkeit  $R_b = f\left(\frac{Sch}{L}\right)$  bei  $\rho = \text{const}$  zu direkt proportional näherte.

Für die Lösung der gestellten Aufgabe muss man den Charakter der Abhängigkeit

der Betonfestigkeit auf ASB von der Dichte des Alkalibestandteile  $R_b=f(\rho)$  bei

beständigem Wert von Schlacken – Lösung – Faktor  $Sch/L=const$  bestimmen.

Tabelle 3

$\rho, g/cm^3$	Bezeichnung	Betonfestigkeit MPa bei Sch/L			
		2,0	2,5	3,0	3,5
1,1	$R_o$	22,5	32,5	40,0	45,0
	$R_p$	29,2	33,9	38,6	45,1
	$\Delta \%$	22	14	4	0,25
1,15	$R_o$	36,0	47,0	55,0	60,0
	$R_p$	38,6	45,6	52,6	59,8
	$\Delta \%$	7	3	5	0,6
1,20	$R_o$	48,0	60,0	69,0	76,0
	$R_p$	48,0	57,5	66,6	76,0
	$\Delta \%$	0	5	4	0
1,35	$R_o$	60,0	74,0	85,0	92,0
	$R_p$	57,1	69,1	80,6	93,6
	$\Delta \%$	5	7	5	2
1,30	$R_o$	73,0	87,0	100,0	108,0
	$R_p$	66,6	80,6	94,0	107,0
	$\Delta \%$	9	8	7	1

Die Versuchswerte der Betonfestigkeit nach Daten der Tabelle 3 approximieren sich genügend mit den Geraden von Gesamtansicht (Abb. 3)

$$R_b = A^{(\rho-1)} + b \quad (4)$$

Die Ausnutzung der Abhängigkeit für die Bestimmung des trockenen Restes von Alkalilösung von seiner in der Arbeit [2] gezeigten Dichte  $m=f(\rho)$  ermöglicht die physikalische Bedeutung der erhaltenen Abhängigkeit (6) zu erläutern. Auf Grund dieser Daten bekommen wir

$$m = V_c \gamma_c = \rho(\rho - 1), \quad (5)$$

$$\rho - 1 = V_c \frac{\gamma_c}{\rho} \quad (6)$$

$\gamma_c$  – spezifische Masse des trockenen Restes.

Diese Umwandlung zeigt, dass sich die Betonfestigkeit auf ASB bei  $\frac{Sch}{L} = const$  proportional zum absoluten Volumen des trockenen Restes von Alkalibestandteil entsprechend der Formel (6) ändert.

Die durchgeführte Analyse zeigt, dass man die verallgemeinerte Abhängigkeit  $R_b = f\left(\frac{Sch}{L}; \rho\right)$  mit der Verbindung von Formeln (5, 6) bekommen kann; diese Formel charakterisieren den Einfluss der genannten Verhältnisse im Einzelnen.

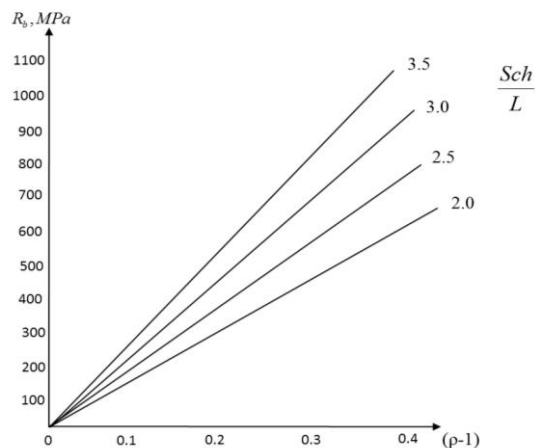


Abb. 3. Abhängigkeiten  $R_b=f(\rho)$  bei  $Sch/L=const$ ; Alkalikomponente –  $Na_2O \cdot 2SiO_2$ .

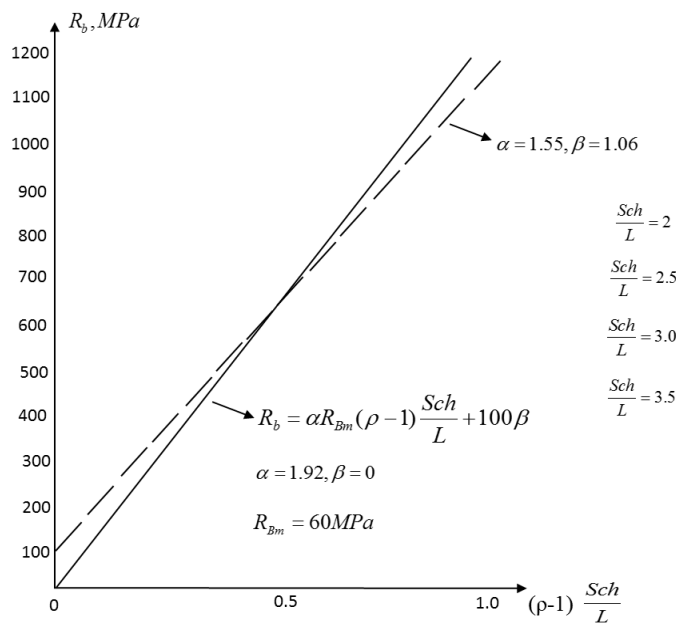


Abb. 4. Abhängigkeiten  $R_b = f(\rho - 1) \frac{Sch}{L}$ . Alkalikomponente –  $Na_2O \cdot 2SiO_2$ .

Für die Sicherung der zuverlässigeren Abstimmung mit den Versuchswerten muss man die genannte Abhängigkeit als Linearformel der Gesamtansicht aufschreiben, in der die empirischen Faktoren L und B vorsehend. Diese empirischen Faktoren Charakterisieren insbesondere die Qualität der benutzten inerten Stoffe

$$R_b = \alpha R_{bm}(\rho - 1) \frac{Sch}{L} + 100\beta \quad (7)$$

$R_{bm}$  – die Aktivität des Bindemittels, MPa, bei  $Sch/L \approx 3$ ,  $\rho \approx 1,2$  bestimmend und für Berechnung der Betonfestigkeit bei jeder Bedeutung von Lösungsdichte des bestimmten Alkalibestandteiles und Schlackenartes verwendbar.

Die Prüfung der gewonnenen Abhängigkeit wurde auf der Basis der Versuchsdaten der Betonfestigkeit auf ASB mit Natriumsilikat durchgeführt (Tabelle 3). Bei der Durchführung von Experimenten wurde die Bindemittelaktivität von  $\sim 60,0$  MPa fixiert (2.) In diesem Zusammenhang würden die Werte der Konstanten der vorgeschlagenen Formel (7) beider Versuchsdaten verarbeiten mit der Methode der Probepunkte bestimmt. Die Koordinaten der folgenden Punkte wurden bei  $\rho = 1,2 \text{ g/cm}^3$  fixiert:  $Sch/L = 2$ ;  $R_b = 48,0$  MPa,  $Sch/L = 3,5$ ;  $R_b = 76,0$  MPa.

Im Ergebnis der Lösung des Systems von zwei Gleichungen mit zwei Unbekannten

wurden folgende Koeffizienten werte bestimmt:  $\alpha = 1,55$ ;  $\beta = 1,06$ . Die Vergleichung der Versuchs- und Berechnungsdaten von Betonfestigkeit, die auf Grund der Formel (7) unter Berücksichtigung der aufgefundenen Worte der empirischen Koeffizienten empfangen worden sind, wird in der Tabelle 3 dargestellt.

In allen Fällen mit Ausnahme des ersten wurde befriedigende Konvergenz von Berechnung – und Versuchswerten der Festigkeit; mittlerer Fehler war mit der Innererienstreuung der Festigkeit von Betonkontrollwürfel kommensurabel. Für die Strukturpräzisierung der vorgeschlagenen Formel (7) wurden grafische Darstelleng der Betonfestigkeit von dem verallgemeinerten Argument  $(\rho - 1) \frac{Sch}{L}$  (Abb. 4, 5.) gebaut, die sich mit der durch Koordinatenuhrsprung gehenden Gerade genügend präzis approximierten. Der Winkelkoeffizient, der für die Ausnutzung von Natriumdisilikat mit der Methode von Mittel bestimmt wurde, war gleich.

$$\alpha R_b = \frac{R_b}{(\rho - 1) \frac{Sch}{L}} = \frac{12700}{11} = 1155$$

$$\alpha = 1,92; \beta = 0.$$

Der auf Grund der Verteilung “ $X_4$ -Quadrat” bestimmte Variationskoeffizient ist im ersten Fall bei der Rechnung der Konstanten von Formel (7) mit der Methode

der Probepunkte  $C_v = 0,126$  gleich und im zweiten Fall bei der Benutzung der Methode von Mittel  $C_v = 0,08$  gleich.

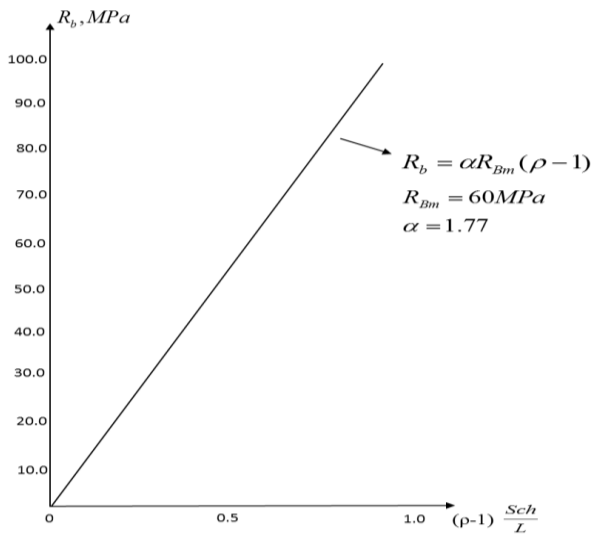


Abb.5. Abhängigkeiten  $R_b = f(\rho - 1) \frac{Sch}{L}$   
Alkalikomponente –  $Na_2O \cdot 2SiO_2$

Die durchgeführte Vergleichung zeigt, dass die Formel (7) befriedigende Konvergenz mit der Versuchsdaten bei  $\beta=0$  sichert. Wie strukturell einfachere spiegelt sie den bestimmenden Gesetz, der den gleichen Sinn wie den im Anfang des Jahrhunderts von Abrams und Maljuga I.G bestimmen Gesetz von Zement – Wasser – Faktor in Anwendung auf Betone auf traditionellen Arten des Bindemittels hat. In Übereinstimmung mit ihm verändert sich die Betonfestigkeit auf ASB direkt proportional zu der Größe des verallgemeinerten Arguments  $(\rho - 1)Sch/L$ .

Für die Auslegung des physikalischen Sinnes verallgemeinerten Argumentes benutzen wir Schlussfolgerungen der Arbeit [2, 4, 5].

In Berücksichtigung dieses Ausdrucks bekommt verallgemeinertes Argument das anschaulichere Aussehen  $\frac{m Sch}{\rho L}$ .

### Schlussfolgerungen

1. man bekommt die Formel in Gesamtansicht, auf derer Basis der Übergang von in der Praxis der Auswahl des Betons auf ASB angenommenen Schlacken – Lösung – Faktor zu dem Hartwasser – Faktor der Zusammensetzung durchgeführt wurde, die

sich in Abhängigkeit von Art und Dichte der Alkalikomponente veränderte.

2. Im Ergebnis der Vergleichsanalyse bestimmte man, dass ASB ungefähr gleiche Aktivität wie die traditionellen Arten der Bindemittel und die Möglichkeit der Herstellung der hochfesten Betone auf ihm die Folgerung des Erreichens der höheren Werte von Hartwasser – Faktoren der Zusammensetzungen bei dessen Verwendung war.

3. Man bestimmte die Formalstruktur Schwerbetonfestigkeit auf ASB, die als Linearfunktion verallgemeinerten Arguments ausgedrückt wurde.

$$(\rho - 1) \frac{Sch}{L} \approx \frac{m Sch}{\rho L}$$

4. Nach der Reihenfolge der Entwicklung des berühmten Gesetzes von Zement – Wasser – Faktor hat man aufgezeigt, dass sich die Festigkeit auf ASB direkt proportional zu dem verallgemeinerten Argument verändert, dessen Multiplikator  $m/\rho$  von der Gesetzmäßigkeit des Auflösens der Alkalikomponente im Wasser abhängig ist.

5. Die erhaltene Abhängigkeit der Betonfestigkeit wird den Grund zu der Methodik der Auswahl von Betonzusammensetzung auf ASB gelegt werden.



### **Literatur:**

1. Instruktion zur Herstellung und Anwendung von Beton und Stahlbetonerzeugnisse und Konstruktionen auf der Basis von Alkali-Schlacken-Bindemittel. RSP 25-84. Taschkent, 1985.
2. Тулаганов, А.А., Кривенко, П.В., Сулковский, И.А., Касимов, И.К.: Прочность тяжелого бетона на шлакощелочном вяжущем. В кн.: Безобжиговые щелочные вяжущие и бетоны. Научные труды ученых Узбекистана. Под ред. И. Касимова, А.Г. Алиева, А.А. Тулаганова Ташкент, 1994, с.35-44.
3. Sulkowski, I.A.: Die Auswahl der Betonzusammensetzung und die Leitung dessen Produktion. – Taschkent. 1980.
4. Tulaganov, A.A.: Fundamentals of receiving the unburning alkaline binders and concretes. Text book. Tashkent, Tashkent Institute of Architecture and Construction. 2015. -248 p.
5. Tulaganov, A.A.: Ungebrannte Alkali-Bindemittel und ihre Verwendungsmöglichkeiten in der Betonherstellung. Lehrbuch. Verlag „Navrus“, Taschkent, 2018. -96 s.