

UOT 681.3

Z.N. ƏMİRASLANOVA

## DƏMİR-BETON KONSTRUKSİYALARDA ARMATURLARIN KƏSİLMƏSİ ZAMANI ALINAN TULLANTININ MİNİMALLAŞDIRILMASI

*Məqalə dəmir-beton konstruksiyalarda metal sərfinin minimallaşdırılması məsələsinə həsr olunmuşdur. Bu məqsədlə istifadə olunan armaturların biçilməsi üçün sifarişin təmin olunması şərtləri modelləşdirilmişdir. Bu şərtlər əsasında kəsilmə zamanı alınan tullantının minimallaşdırma məsələsi qoyulmuşdur. Məsələ qismən tam ədədli proqramlaşdırma məsələsinə gətirilir.*

**Açar sözlər:** armatur, armaturların biçilməsi (kəsilməsi), əməliyyatların tədqiqi, tullantıların minimallaşdırılması

**1. Giriş.** Dəmir-beton konstruksiyalı tikililərin inşası zamanı vacib məsələlərdən biri də armaturların optimal kəsilməsidir. Armatur bu tipli inşaat obyektlərində maliyyə cəhətdən daha çox vəsait sərf olunan materiallardan biridir. Belə ki, məhz armaturların təchizatına və tikinti sahəsində armatur montajına (layihə üzrə kəsilib, bağlanması) verilən maliyyə vəsaiti önəmli hissəni təşkil edir.

Tikinti sahəsində digər ilkin hazırlıq işləri görüldükdən sonra armaturlar kəsilib montaj olunmalıdır. Əksər hallarda armaturların səriştəsiz kəsilməsi itkilərə gətirib çıxarır. Bu cəhətdən armaturların kəsilməsi üçün optimal variantin seçilməsi zay məhsulun minimuma endirilməsinə səbəb olur. Bu da iqtisadi nöqteyi-nəzərdən, qoyulmuş məsələnin önəmli olmasına dəlalət edə bilər.

Məqalə armaturların optimal kəsilməsiylə tullantının minimuma çatdırılmasının modelləşdirilməsi məsələsinə həsr olunmuşdur. Bu məqsədlə optimal şərtləri təmin edən model yaradılmışdır.

**2. Məsələnin qoyuluşu.** Anbarda müxtəlif diametrlə, müxtəlif uzunluqlu armaturların olması qəbul edilir. Onların diametri, sayı, uzunluğu məlumdur. Müxtəlif diametrə uyğun armaturlar bir-biriylə əvəz olunmadığı üçün onlara olan tələbat ayrı-ayrılıqda baxılır. Bu səbəbdən, hər bir diametrə uyğun armatur üçün onun uzunluğunu və miqdarını əks etdirən cədvəl tərtib olunur. Məsələn, hər hansı bir qeyd olunmuş diametrlə armatur üçün cədvəl aşağıdakı matris kimi olacaq:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} \\ \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} \end{pmatrix},$$

$A = \{a_{ij}\}, (i = \overline{1, n}; j = \overline{1, 2})$  A matrisinin  $a_{i1}$  və  $a_{i2}$  elementləri uyğun olaraq  $i$ -ci növ ( $i = \overline{1, n}$ ) diametrə malik armaturun anbardakı miqdarını (sayını) və uzunluğunu göstərir.

Başqa sözlə, hesab edilir ki, anbarda baxılan diametrə aid hər biri  $a_{i2}$  uzunluqlu  $a_{i1}$  miqdarda armatur vardır.

Həmçinin, hesab edilir ki, baxılan diametrə malik kəsiləcək və ya sifariş olunan armaturların sayı, uzunluğu verilmişdir (sifariş). Analoji olaraq sifariş olunan armatur cədvəli aşağıdakı matris kimi tərtib olunur.

$$S = \begin{pmatrix} s_{11} & s_{12} \\ \dots & \dots \\ s_{i1} & s_{i2} \\ \dots & \dots \\ s_{m1} & s_{m2} \end{pmatrix}$$

$S = \{s_{rj}\}, (r = \overline{1, m}; j = \overline{1, 2})$  S matrisinin  $s_{r1}$  və  $s_{r2}$  elementləri uyğun olaraq  $r$ -ci növ ( $r = \overline{1, m}$ ) diametrə malik armaturun sifariş olunacaq və ya kəsiləcək miqdarını (sayını) və uzunluğunu göstərir. Qeyd edək ki,  $m \leq n$ .

Bundan başqa, hər bir  $i$  üçün  $a_{i2}$  uzunluqlu armaturun  $k_i$  müxtəlif kəsmə və ya biçmə variantı məlumdur. Kəsmə variantı hər bir  $a_{i2}$  uzunluqlu armaturun sifariş olunan hər bir armatur növündən kəsilməsinin sayının göstərilməsidir.  $K = \{1 \dots k_i\}, (i = \overline{1, n})$ , hər bir  $i = 1, 2, \dots, n$  üçün kəsmə variantlarını aşağıdakı matris şəklində göstərmək olar:

$$K = \begin{pmatrix} 1 & \dots & k_1 \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & \dots & k_i \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & \dots & k_n \end{pmatrix}$$

Beləliklə, anbarda olan armaturların diametrləri, uzunluqları, sayları verilir. Eləcə də sifariş olunan – kəsiləcək armaturların diametrləri, uzunluqları, sayları verilir. Həm də armaturların kəsmə və ya biçmə variantları verilir.

Anbarda olan armaturları kəsməklə və ya biçməklə sifarişi təmin etmək tələb olunur. Bu zaman tullantını minimallaşdırmaq lazımdır. Tullantı dedikdə uzunluğu 60 sm-dən kiçik olan armatur parçaları nəzərdə tutulur. Bu uzunluq layihədən asılı olaraq dəyişə bilər. Adətən, layihədə istifadə oluna bilməyən armatur qalıqları tullantı hesab olunur. Baxılan layihədə ən kiçik detalın uzunluğu 60 sm-ə bərabər olduğu üçün 60 sm-dən kiçik olan armatur parçaları tullantı qəbul edilir. Belə ki, armaturları elə kəsmək tələb olunur ki, bir tərəfdən sifariş təmin olunsun, yəni,  $s_{r2}$  uzunluqlu  $s_{r1}$  sayda armatur kəsilsin, digər tərəfdən, kəsilmədən yaranan tullantıların uzunluğu mümkün kəsim variantları arasında minimal olsun.

**3. Məsələnin həlli.** Ümumiyyətlə, müxtəlif sənaye tullantılarının minimuma endirilməsi dörd yolla ola bilər: 1) texnoloji proseslərin təkmilləşdirilməsi istiqamətində yaranmış tullantıların miqdarının azaldılması; 2) tullantıların yaranma prosesində onların təkrarlanmasına üstünlük verilməsi; 3) tullantıları emal etməklə onların faydalı və qiymətli məhsullara çevrilməsi; 4) tullantıların xassələrini dəyişməklə, sonrakı təkrar emalını və tullantının aradan qaldırmasını asanlaşdırmaq üçün onların həcmnin və toksikliyin azaldılması [1].

Aydındır ki, armaturların optimal üsulla kəsilməsi yuxarıda göstərilən 1-ci bəndə uyğundur. Belə ki, hər bir  $i$  üçün  $a_{i2}$  uzunluqlu armaturu  $k_i$  müxtəlif variantda kəsmək və ya biçmək olur.  $i$ -ci nomenklatura armaturun bir vahidinin  $k$ -cı variantla kəsildikdə  $r$ -ci sifarişə uyğun gələn parçaların miqdarını  $b_{irk}$  ilə işarə edək, burada  $k = 1, \dots, k_i$ .

Hər bir  $i = 1, 2, \dots, n$  üçün kəsilmə variantlarının nəticələrini aşağıdakı matris şəklində göstərmək olar:

$$B_i = \begin{pmatrix} b_{i11} & \dots & b_{i1k} & \dots & b_{i1k_i} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{ir1} & \dots & b_{irk} & \dots & b_{irk_i} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{im1} & \dots & b_{imk} & \dots & b_{imk_i} \end{pmatrix}.$$

Beləliklə, sifarişə və ya armaturların kəsilməsini minimum itkiylə yerinə yetirmək tələb olunur. Bunun üçün biçmə variantlarından eləsinə seçmək lazımdır ki, qalıq armaturların uzunluğu minimum olsun.

Armaturun kəsilməsi variantının indeksini  $k$  ilə, anbarda verilən  $i$ -ci armaturun  $k$ -ci variantla kəsilməyə yönəldilən armaturların miqdarını  $x_{ik}$  ilə işarə edək. Onda  $r$ -ci sifarişin təmin olunması şərti aşağıdakı kimi yazılır:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{k_i} b_{irk} x_{ik} \geq s_{r1}, \quad (3.1)$$

burada  $r = 1, \dots, m$ ,  $x_{ik} \geq 0$  və tam olmalıdır.

$i$ -ci armaturun  $k$ -ci variantla kəsilməsindən sonra qalan armatur uzunluğu isə  $q_{ik}$  ilə işarə olunur.  $q_{ik}$  aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{k_i} q_{ik} = \sum_{i=1}^n a_{i2} - \sum_{k=1}^{k_i} \sum_{r=1}^m b_{irk} s_{r2} \quad (3.2)$$

$q_{ik}$  60 sm-dən kiçik və ya 60 sm-ə bərabər olarsa,  $i$ -ci armaturun  $k$ -ci variantla kəsilməsindən sonra alınan tullantı  $t_{ik}$  ilə işarə olunur.

$$t_{ik} = \begin{cases} q_{ik} & q_{ik} \leq 60 \text{ olarsa} \\ 0 & q_{ik} > 60 \text{ olarsa} \end{cases}$$

Göründüyü kimi,  $t_{ik}$  qeyri-xətti funksiyadır. Aydındır ki, məsələdə məqsəd funksiyasını, yəni əsas kriteriyanı aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{k_i} t_{ik} x_{ik} \rightarrow \min \quad (3.3)$$

Hər bir biçmə variantına yönəlmiş armaturların miqdarı mənfi olmayan tam ədədlər olmalıdır, yəni:

$$x_{ik} \geq 0, (i = \overline{1, n}; k = \overline{1, k_i}) \text{ tam ədədlərdir.} \quad (3.4)$$

Beləliklə, qoyulan məsələ (3.3), (3.1), (3.4) qismən tam ədədli proqramlaşdırma məsələsinə gəlir. Qismən tam ədədli xətti proqramlaşdırma məsələsinin həlli üsulları kifayət qədər öyrənilmişdir [2].

**4. Misal.** 18 mərtəbəli binanın sütunlarından biri olan C61 sütununun armaturları layihələndirilmişdir [3]. Bu sütunun diametri 8 mm olan armaturları aşağıdakı kimidir: 240 ədəd 280 sm, 240 ədəd 570 sm, 500 ədəd 250 sm uzunluqda armaturlar kəsilib hazırlanmalıdır. Anbarda diametri 8 mm olan 1000 ədəd 1200 sm, 1000 ədəd 630 sm, 1000 ədəd 580 sm uzunluqda armatur olduğu məlumdur.

Anbarda olan armaturları kəsməklə və ya biçməklə sifarişə təmin etmək lazımdır. Bu zaman tullantını minimallaşdırmaq tələb olunur. Qeyd etdiyimiz kimi tullantı dedikdə uzunluğu 60 sm-dən kiçik olan armatur parçaları nəzərdə tutulur.

Anbarda olan armatur matrisi A8 ilə, C61 sütunu üçün sifariş olunacaq və ya kəsiləcək armatur matrisi S8 ilə işarə olunarsa, onda, A8 və S8 matrisi aşağıdakı kimi olar:

$$A_8 = \begin{pmatrix} 1000 & 1200 \\ 1000 & 630 \\ 1000 & 580 \end{pmatrix}; S_8 = \begin{pmatrix} 240 & 570 \\ 240 & 280 \\ 500 & 250 \end{pmatrix}$$

Burada, 1-ci sütunda armaturun sayı (ədədlə), 2-ci sütunda bir armaturun uzunluğu ( $sm$ -lə) göstərilmişdir.

$S_8$  matrisinin armaturlarını kəsmək üçün aşağıdakı kəsim və ya biçmə variantları mümkündür:

Məlumdur ki, 1200  $sm$  ( $i=1$ ) uzunluqda olan armaturun kəsilmə variantları belədir (variantların nömrəsini  $k$  ilə işarə edəcəyik):

1-ci variant	570, 570
2-ci variant	570, 280, 280
3-cü variant	570, 280, 250
4-cü variant	570, 250, 250
5-ci variant	280, 280, 280, 280
6-cı variant	280, 280, 280, 250
7-ci variant	280, 280, 250, 250
8-ci variant	280, 250, 250, 250
9-cu variant	250, 250, 250, 250

Anbarda olan armaturları ( $A_8$  matrisinin sətirlərini)  $i=1,2,3$  kimi nömrələyək. Sifarişləri ( $S_8$  matrisinin sətirlərini)  $r$  ilə işarə edək,  $r=1,2,3$ .  $b_{ijr}$  ilə  $i$ -ci nomenklatura armaturun bir vahidinin  $k$ -cı variantla kəsildikdə  $r$ -ci sifarişə uyğun gələn parçaların miqdarıdır.

$i=1$  olduqda, kəsilmə variantlarının nəticələrini aşağıdakı matris şəklində göstərmək olar:

$$B_1 = \begin{pmatrix} b_{111} & b_{112} & b_{113} & b_{114} & b_{115} & b_{116} & b_{117} & b_{118} & b_{119} \\ b_{121} & b_{122} & b_{123} & b_{124} & b_{125} & b_{126} & b_{127} & b_{128} & b_{129} \\ b_{131} & b_{132} & b_{133} & b_{134} & b_{135} & b_{136} & b_{137} & b_{138} & b_{139} \end{pmatrix}.$$

Bizim məsələ üçün  $B_1$  bu şəkildə olar:

$$B_1 = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 1 & 0 & 4 & 3 & 2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

Hər bir kəsilmə (biçmə) variantında armaturun kəsilməsindən alınan qalıqların uzunluqları aşağıdakı kimi olacaq:

1-ci variant	60
2-ci variant	70
3-cü variant	100
4-cü variant	130
5-ci variant	80
6-cı variant	110
7-ci variant	140
8-ci variant	170
9-cu variant	200

630  $sm$  uzunluqda olan armaturun kəsilmə variantları:

1-ci variant	570
2-ci variant	280, 280
3-cü variant	280, 250

4-cü variant                      250,    250

$i=2$  olduqda, kəsilmə variantlarının nəticələrini aşağıdakı matris şəklində göstərmək olar:

$$B_2 = \begin{pmatrix} b_{211} & b_{212} & b_{213} & b_{214} \\ b_{221} & b_{222} & b_{223} & b_{224} \\ b_{231} & b_{232} & b_{233} & b_{234} \end{pmatrix}$$

$$B_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

630 *sm* uzunluqda olan armaturun hər bir kəsilmə (biçmə) variantında armaturun kəsilməsindən alınan qalıqların uzunluqları aşağıdakı kimi olacaq:

1-ci variant	60
2-ci variant	70
3-cü variant	100
4-cü variant	130

580 *sm* uzunluqda olan armaturun kəsilmə variantları:

1-ci variant	570
2-ci variant	280,    280
3-cü variant	280,    250
4-cü variant	250,    250

$i=3$  olduqda, kəsilmə variantlarının nəticələrini aşağıdakı matris şəklində göstərmək olar:

$$B_3 = \begin{pmatrix} b_{311} & b_{312} & b_{313} & b_{314} \\ b_{321} & b_{322} & b_{323} & b_{324} \\ b_{331} & b_{332} & b_{333} & b_{334} \end{pmatrix}$$

$$B_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

580 *sm* uzunluqda olan armaturun hər bir kəsilmə (biçmə) variantında armaturun kəsilməsindən alınan qalıqların uzunluqları aşağıdakı kimi olacaq:

1-ci variant	10
2-ci variant	20
3-cü variant	50
4-cü variant	80

Sifarişi və ya armaturların kəsilməsini minimum itkiylə yerinə yetirmək tələb olunur. Bunun üçün yuxarıda verilən variantlardan eləsini seçmək lazımdır ki, kəsildikdən sonra qalan armaturun uzunluqları cəmi minimum olsun.

Yuxarıda göstəriləyi kimi anbardakı 1200 *sm* uzunluqlu birinci armaturu sifariş verilən 570 *sm*, 280 *sm*, 250 *sm* uzunluqlu armatur növü kimi 9 müxtəlif variantla kəsmək olar. Analoji olaraq kəsilmə variantları anbardakı 630 *sm*-lik və 580 *sm*-lik armaturlara da tətbiq olunur. Kəsmə variantlarını göstərən matris aşağıdakı kimi olar:

$$K = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Armaturun kəsilməsi variantının indeksini  $k$  ilə, anbarda verilən  $i$ -ci armaturun  $k$ -cı variantla kəsilməyə yönəldilən armaturların miqdarını  $x_{ik}$  ilə işarə edək. Onda  $r$ -ci sifarişin təmin olunması şərti aşağıdakı kimi yazılar:

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^9 b_{irk} x_{ik} \geq s_{r1} , \quad (4.1)$$

burada  $r = 1, 2, 3$ .  $b_{irk}$  və  $s_{r1}$  verilənlərinin yuxarıdakı qiymətlərini nəzərə alsaq (4.1) bərabərsizliklərini aşağıdakı aşkar şəkildə yaza bilərik:

$$\begin{aligned} 2x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{21} + x_{31} &\geq 240, \\ 2x_{12} + x_{13} + 4x_{15} + 3x_{16} + 2x_{17} + x_{18} + 2x_{22} + x_{23} + 2x_{32} + x_{33} &\geq 240, \\ x_{13} + 2x_{14} + x_{16} + 2x_{17} + 3x_{18} + 4x_{19} + x_{23} + 2x_{24} + x_{33} + 2x_{34} &\geq 500. \end{aligned}$$

$i$ -ci armaturun  $k$ -cı variantla kəsilməsindən sonra qalan armatur uzunluğu isə  $Q_{ik}$  ilə işarə olunur.  $Q_{ik}$  aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^9 q_{ik} = \sum_{i=1}^3 a_{i2} - \sum_{k=1}^9 \sum_{r=1}^3 b_{irk} s_{r2} \quad (4.2)$$

(4.2) bərabərliklərini aşağıdakı aşkar şəkildə yaza bilərik:

$$\begin{aligned} q_{11} &= a_{12} - b_{111}s_{12} - b_{121}s_{22} - b_{131}s_{32} = 1200 - 2 \times 570 - 0 \times 280 - 0 \times 250 = 60 \\ q_{12} &= a_{12} - b_{112}s_{12} - b_{122}s_{22} - b_{132}s_{32} = 1200 - 1 \times 570 - 2 \times 280 - 0 \times 250 = 70 \\ q_{13} &= a_{12} - b_{113}s_{12} - b_{123}s_{22} - b_{133}s_{32} = 1200 - 1 \times 570 - 1 \times 280 - 1 \times 250 = 100 \\ q_{14} &= a_{12} - b_{114}s_{12} - b_{124}s_{22} - b_{134}s_{32} = 1200 - 1 \times 570 - 0 \times 280 - 2 \times 250 = 130 \\ q_{15} &= a_{12} - b_{115}s_{12} - b_{125}s_{22} - b_{135}s_{32} = 1200 - 0 \times 570 - 4 \times 280 - 0 \times 250 = 80 \\ q_{16} &= a_{12} - b_{116}s_{12} - b_{126}s_{22} - b_{136}s_{32} = 1200 - 0 \times 570 - 3 \times 280 - 1 \times 250 = 110 \\ q_{17} &= a_{12} - b_{117}s_{12} - b_{127}s_{22} - b_{137}s_{32} = 1200 - 0 \times 570 - 2 \times 280 - 2 \times 250 = 140 \\ q_{18} &= a_{12} - b_{118}s_{12} - b_{128}s_{22} - b_{138}s_{32} = 1200 - 0 \times 570 - 1 \times 280 - 3 \times 250 = 170 \\ q_{19} &= a_{12} - b_{119}s_{12} - b_{129}s_{22} - b_{139}s_{32} = 1200 - 0 \times 570 - 0 \times 280 - 4 \times 250 = 200 \\ q_{21} &= a_{22} - b_{211}s_{12} - b_{221}s_{22} - b_{231}s_{32} = 630 - 1 \times 570 - 0 \times 280 - 0 \times 250 = 60 \end{aligned}$$

$Q_{ik}$  aşağıdakı matris şəklində olar:

$$Q = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} & q_{14} & q_{15} & q_{16} & q_{17} & q_{18} & q_{19} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} & q_{24} & q_{25} & q_{26} & q_{27} & q_{28} & q_{29} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} & q_{34} & q_{35} & q_{36} & q_{37} & q_{38} & q_{39} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 60 & 70 & 100 & 130 & 80 & 110 & 140 & 170 & 200 \\ 60 & 70 & 100 & 130 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 20 & 50 & 80 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi,  $q_{ik}$  60 sm-dən kiçik və ya 60 sm-ə bərabər olarsa,  $i$ -ci armaturun  $k$ -cı variantla kəsilməsindən sonra alınan tullantı  $t_{ik}$  ilə işarə olunur.

$$t_{ik} = \begin{cases} q_{ik} & q_{ik} \leq 60 \text{ olarsa} \\ 0 & q_{ik} > 60 \text{ olarsa} \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{k_i} t_{ik} x_{ik} \rightarrow \min \quad (4.3)$$

(4.3) şərtini nəzərə alsaq, tullantı matrisi aşağıdakı kimi olar:

$$T = \begin{pmatrix} 60 & 0 & 0 \\ 60 & 0 & 0 \\ 10 & 20 & 50 \end{pmatrix}$$

(4.3) şərtini aşağıdakı aşkar şəkildə yazı bilərik:

$$60x_{11} + 60x_{21} + 10x_{31} + 20x_{32} + 50x_{33} \rightarrow \min$$

$$x_{ik} \geq 0, i = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 9 \quad (4.4)$$

$$x_{ik} \quad i = 1, 2, 3; k = 1, \dots, 9 - \text{ tam ədədlərdir.} \quad (4.5)$$

Beləliklə, qoyulan məsələ (4.3), (4.1), (4.4), (4.5) qismin tm ədədli proqramlaşdırma məsələsidir. Məsələni məlum üsullardan istifadə etməklə həll etmək olar [4]. Verilən misal üçün yuxarıda qeyd olunan variantlardan istifadə etməklə sifarişi minimal itkiylə təmin etmək olar. Göründüyü kimi, mümkün variantlardan 580 sm uzunluqda olan armaturun 1-ci və 3-cü variantla kəsilməsindən alınan qalıqlar minimaldır. Bu zaman armatur qalıqlarından yaranan itki digər variantlarla müqayisədə daha minimaldır .

**5. Nəticə.** Beləliklə, dəmir-beton konstruksiyalarında armaturların optimal kəsilməsi (biçilməsi) məsələsinin riyazi modeli qurulmuşdur. Yaradılan riyazi model biçmə variantlarından eləsinə seçmək imkanı verir ki, tullantının məcmu uzunluğu minimum olsun. (3.3), (3.1), (3.4) qismən tam ədədli proqramlaşdırma məsələsini həll etməklə tullantını minimallaşdırmaq mümkün sayılır. Sifarişi və ya armaturların kəsilməsini minimum itkiylə yerinə yetirməklə zay olan armaturun miqdarı azalmış hesab olunur.

#### Ədəbiyyat

1. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек. Москва, «Гранд», 2005, 728с.
2. И.В. Романовский. Алгоритмы решения экстремальных задач. Москва, «Наука», 1977, 352 с.
3. Z.N. Əmiraslanova. "Avtomatlaşdırılmış layihələndirilən dəmir-beton konstruksiyalarda armaturların çəkisinin hesablanması," Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri. XXXI cild, № 3, Bakı, 2011, s.164-168.
4. Б. Банди. Основы линейного программирования, Москва, «Радио и связь», 1989, 176 с.

#### Z.N. Amiraslanova

##### Minimization of industrial waste when cutting steel reinforcement in ferro-concrete constructions

The article is devoted to minimizing the consumption of metal in ferro-concrete constructions. Conditions ensuring order cutting valves used for this purpose have been modeled. On the basis of these conditions, the task was posed about minimizing waste produced in the process of cutting. The task is reduced to a partial integer programming.

**Keywords:** ferro-concrete constructions, armature, cutting armature, operations research, waste minimization.

УДК 681.3

**З.Н. Амрасланова**

**Минимизация отходов при обрезке арматур в железобетонных конструкциях**

*Статья посвящена минимизации потребления металла в железобетонных конструкциях. Условия обеспечения заказа на обрезки арматур, используемых для этой цели, были смоделированы. На основе этих условий была поставлена задача о минимизации отходов, полученных в процессе обрезки. Задача сводится к частичному целочисленному программированию.*

**Ключевые слова:** железобетонные конструкции, арматура, обрезки арматур, исследования операций, минимизация отходов

AMEA İdarəetmə Sistemləri İnstitutu

Təqdim olunub 02.05.14