

მასალათმცოდნეობა

დაბალმოლური შარდოვანა-ფორმალდეჰიდის და  
დაბალტოქსიკური წებოების საშუალებით მერქანბურბუმელოვანი  
ფილების წარმოება

ჩვასილ წიქვაძე

გია დადუნაშვილი

gia.dadunashvili@atsu.edu.ge

მადონა ხუსკივაძე

madona.khuskivadze@atsu.edu.ge

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ქუთაისი, საქართველო

DOI: <https://doi.org/10.52340/atsu.2024.2.24.17>

სტატიაში განხილულია მერქანბურბუმელოვანი ფილების მიღება და წარმოება დაბალი ფორმალდეჰიდის შემცველობის წებოების საშუალებით, სადაც თანაფარდობა კარბამიდსა და ფორმალდეჰიდს შორის  $K:F = 1:1,1^{1,12}$  ფარგლებშია. ეს, თავის მხრივ, ძალზე ამცირებს თავისუფალი ფორმალდეჰიდის შემცველობას და ტექნოლოგიური პროცესის სწორად წარმართვის პირობებში მიღებული ფილების ტოქსიკურობის მაჩვენებელი ( $E_1^{1,12} - E_2$ )-ის ემისიის ჯგუფს არ აღემატება. გარდა ამისა ფილების ფიზიკო-მექანიკური თვისებები ნორმის ფარგლებში რჩება. დაბალმოლეკულური ფისების გამოყენების შემთხვევაში ფისების და წებოების გამყარების დროს ტემპერატურისა და ტენიანობის ცვალებადობით ჰიდროლიზი ხორციელდება ნაწილობრივ ან მთლიანად. ჰიდროლიზის დესტრუქცია ამ დროს 20<sup>1,12</sup>–25%-ის ფარგლებშია ფილის გარე ფენებში, ხოლო შიგა ფენებში არ მიმდინარეობს. ეს ძალზე ამცირებს თავისუფალი ფორმალდეჰიდის შემცველობას და გარდა ამისა, გამამყარებლის ცვალებადობით ფენების მიხედვით ფილების ტოქსიკურობა მცირდება.

**საკვანძო სიტყვები:** შემაკავშირებელი, ლამინირება, კონცენტრატი, ფილა.

მერქანბურბუმელოვანი (მბფ) ეწოდება ფილებს, რომელიც მიღებულია მერქნული ბურბუმელისა და წებოს შერევისა და ფარდაგის ცხელი მეთოდით დაწნეხვის შედეგად. ასეთი დაწნეხილი მასალები მბფ-ის სახელითაა ცნობილი. მათ ფართოდ იყენებენ ავეჯის დამზადების დროს, სამშენებლო საქმეში, ანათალი შპონის დაფანერების დროს და ლამინატის გამოყენების შემთხვევაში.

ინტერესი და მბფ-ის ფართო გამოყენება თანამედროვე პირობებში გამოწვეულია მისი მთელი რიგი განსაკუთრებული ხარისხობრივი მაჩვენებლებით:

1. ფილების სიბრტყის სხვადასხვა მიმართულებით (სიგრძე და სიგანე) ფიზიკო-მექანიკური თვისებები ერთნაირია, სწორედ ამიტომაც შესაძლებელი მათი ჭრისათვის ერთიდაიგივე ჩარხის გამოყენება. მჭრელი იარაღის კბილის პროფილები ორივე მიმართულებით ჭრისათვის შეიძლება იყოს ერთნაირი.

2. მზგ-ის გამოყენება შესაძლებელია ფართოტანიანი დეტალების დასამზადებლად.

3. ცვალებადი ტენიანობის პირობებში თითქმის უმნიშვნელოდ იცვლება ფილის ზომები.

4. მზგ-ის წარმოების დროს შეიძლება დავაქუცმაცოთ დაბალი ხარისხის მერქანი და გამოვიყენოთ სხვადასხვა მერქნული ნარჩენები. ეს კი საშუალებას იძლევა მაქსიმალურად გაიზარდოს მერქნის სასარგებლო გამოსავალი.

5. ფილის დამზადების პროცესში შეიძლება მას მივანიჭოთ გადიდებული წინააღმდეგობის უნარი სოკოვანი და ბაქტერიული დაავადებების მიმართ და შევამციროთ წყალ და ტენშთანთქმის უნარი და გავადიდოთ ცეცხლმედეგობა.

6. მზგ წარმოადგენს მაღალეფექტურ მასალას.  $1\text{მ}^3$  მზგ ექვივალენტურია  $2\text{მ}^3 + 2,5\text{მ}^3$  მაღალი ხარისხის დახერხილი მასალის.

7. მზგ-ის წარმოების დროს თვით საწარმოო ტექნოლოგიური პროცესი ავტომატიზირებულია და მაღალ ეკონომიურია. ეს ეხება აგრეთვე ლამინირებულ მზგ-ის საწარმოსაც (A METHOD FOR ... 21/02, CHIPBOARD ... 2023, Schulte... 2006: 156).

დღევანდელ პირობებში მზგ-ის გამოყენებას ძალზე დიდ ყურადღებას ანიჭებენ, ასევე ითქმის აგრეთვე ლამინირებულ მზგ-ზე.

მერქანბურბუშელოვანი ფილები, რომლებიც გამოიყენება წარმოებაში და მისგან საავეჯო დეტალებს ამზადებენ, უნდა აკმაყოფილებდეს სანიტარულ-ჰიგიენურ ნორმებს, რომლის ქვეშაც იგულისხმება ის უარყოფითი ზემოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე, რომელიც იწვევს ჯანმრთელობის გაუარესებას. ამ თვალსაზრისით ყველაზე მეტად შარდოვანა-ფორმალდეჰიდური ანუ კარბამიდული შემკავშირებლები ხასიათდებიან.

მზა ფილებიდან თავისუფალი ფორმალდეჰიდის გამოყოფა მთლიანად წარმოადგენს ნაწილობრივ გამყარებული ფისის ტემპერატურისა და ტენიანობის ცვალებადობით გამოწვეულ ჰიდროლიზს. როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა, თუ ფილების ექსპლუატაცია დიდი პერიოდის განმავლობაში ხდება, მაშინ ჰიდროლიზის დესტრუქცია ხორციელდება (20–30)%-მდე. გარე ფენებში ფისის შემცველობიდან დამოკიდებულებით, ხოლო ჰიდროლიზის დესტრუქცია გამყარებული ფისის შიგა ფენებში არ ხდება.

## გ. წიქვაძე, გ. დადუნაშვილი, მ. ხუსკივაძე

ტოქსიკური ნივთიერების გამოყოფა ფილებიდან ხორციელდება დაწნეხილი ფილებიდან დახარისხებისა და მარკირების უბანში. გარდა ამისა, ფილების სტელაჟებში დაწყობის დროს. ყველა ამ შემთხვევაში მათი რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს დასაშვებ სიდიდეს, რომლის მნიშვნელობა შეადგენს  $0,5 \text{ მგ/მ}^3$ -ს (Bardonov... 2017: 218-228, წიქვაძე... 2022: 196-204, GOST 30255-2014, GOST 10632-2014 2014, Цветков...2014, წიქვაძე... 2014: 88-91).

ტექნოლოგიურ პროცესში ნაკლებად ტოქსიკური ფისების და წებოების გამოყენება შესაძლებელია ფისის სინთეზის რეჟიმის შეცვლით, კერძოდ კარბამიდისა და ფორმალდეჰიდის თანაფარდობით K:F ტემპერატურისა და ფისის მჟავიანობის შეცვლით. მაგრამ ამ შემთხვევაში ფილების ფიზიკო-მექანიკური თვისებები არ უნდა ქვეითდებოდეს, ეს რომ მოხდეს უნდა გავზარდოთ შემაკავშირებლის ხარჯის ნორმა და ფილის სიმკვრივე. გარდა ამისა გამამყარებლის სახე და მათი რაოდენობის ცვლილებაც იქნება აუცილებელი. შიგა ფენებში თუ გამოყენებულია შემაკავშირებელი ფორმალდეჰიდის შემცველობა 20%-ზე ნაკლები იქნება (CHIPBOARD ... 2023).

ბოლო პერიოდში მერქანბურბუშელოვანი (მზფ-ის) ფილების ტოქსიკურობის შემცირებისათვის ვიყენებთ დაბალმოლურ შარდოვანა-ფორმალდეჰიდურ ოლიგომერებს. დიდინტერესს იწვევს მათი მოქმედების შესწავლა მზფ-ის ცხელი მეთოდით დაწნეხვის დროს (Schulte... 2006, Bardonov... 2017: 218-228, GOST 30255-2014, GOST 10632-2014).

კვლევის ობიექტად ამ შემთხვევაში მიღებულია დაბალმოლური შარდოვანა-ფორმალდეჰიდის ოლიგომერი (HM KΦO) კლასების KΦ-MT-15, KΦ-MT- БП, KΦ-MT- მარკის ტრადიციულ ფისთან შედარებით.

მზფ-ს წარმოებაში HM KΦO-ს გამოყენების ეფექტურობის შეფასებისათვის ჩატარდა შემდეგი კვლევა:

ნიმუშებზე შესწავლილ იქნა HM KΦO-ს გამყარების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებურებები და გამყარებული პოლიმერიდან ფორმალდეჰიდის გამოყოფა ტემპერატურაზე, თერმული დამუშავების ხანგრძლივობაზე და გამამყარებლის ბუნებაზე დამოკიდებულებით მის სახეზე და პროცენტულ შემადგენლობაზე.

შესწავლილ იქნა გამყარებული პოლიმერების და მათზე დაფუძნებული მზფ-ს თერმოჰიდროლიზური მდგრადობა;

შესწავლილ იქნა მზფ-ის ძირითადი ფიზიკური და მექანიკური თვისებები HM KΦO-ს საფუძველზე;

ექსპერიმენტები ჩატარდა ლაბორატორიულ პირობებში ფიზიკო-ქიმიური და ანალიტიკური კვლევის მეთოდების გამოყენებით. გამყარების

ხარისხი განისაზღვრა პოლიმერიზაციის ფორფიტაზე ფისების გამყარების გზით. გამყარებული პოლიმერის ფრაქციის რაოდენობა შედარებული იქნა წყალში გახსნილი ფორმალდეჰიდის რაოდენობასთან.

ტემპერატურისა და თერმული დამუშავების ხანგრძლივობის გავლენის კვლევების შედეგები შემაკავშირებლის გამყარების ხარისხზე და გამოთავისუფლებული ფორმალდეჰიდის რაოდენობაზე მოცემულია 1-ელ ცხრილში.

დაწნევის ტრადიციული პირობებისათვის, როდესაც შიდა ფარდაგის ტემპერატურა არ აჭარბებს 100°C და თერმოდამუშავების ხანგრძლივობაა 60 წმ, ყველაზე მაღალი ხარისხი გამყარების და გამოყოფილი ფორმალდეჰიდის აქვს KΦ-MT მარკის ფისს, ყველაზე დაბალი კი KΦ-MT-БП-ს, ხოლო შუალედურ პოზიციას იკავებს KΦ-MT-15. იმავე ტემპერატურაზე, თერმული დამუშავების ხანგრძლივობის გაზრდით, სურათი იცვლება და 150 წმ თერმული დამუშავების ხანგრძლივობით, KΦ-MT-15 ფისის გამყარება იზრდება 3%-ით. ტემპერატურის მატებით 120°C-დან 130°C-მდე და თერმული დამუშავების ხანგრძლივობით 60წმ, KΦ-MT ფისის გამყარების ხარისხი მცირდება 11%-ით KΦ-MT-15 ფისთან შედარებით და შეადგენს 58%-ს, ხოლო KΦ-MT-БП ფისის გამყარების ხარისხი აგრძელებს ზრდას, მაგრამ აბსოლუტური მნიშვნელობით ის 7%-ით დაბალია KΦ-MT-15 ფისის ანალოგიურ მაჩვენებელზე, რომლის აბსოლუტური მნიშვნელობა არის 69%.

**ცხრილი I**

გამყარების ტემპერატურა C°	თერმოდამუშავების ხანგრძლივობა წმ	შარდოვანა ფისების გამყარების ხარისხი, %			გამყოფილი ფორმალდეჰიდის რაოდენობა მგ/გ პოლიმერიდან		
		KΦ-MT	KΦ-MT-15	KΦ-MT-БП	KΦ-MT	KΦ-MT-15	KΦ-MT-БП
100	45	42.0	50.0	-	0.240	0.068	-
100	60	55.0	52.0	47.0	0.200	0.060	0.100
100	90	57.0	60.0	52.0	0.183	0.050	0.090
100	120	60.0	62.0	62.0	0.176	0.044	0.088
100	150	60.0	63.60	55.0	0.173	0.036	0.086
110	60	61.0	65.0	56.0	0.150	0.055	0.086
120	60	63.0	69.0	59.0	0.113	0.040	0.075
130	60	58.0	69.0	62.0	0.100	0.035	0.062
160	60	56.0	62.0	59.0	0.065	0.025	0.037

**შენიშვნა: გამამყარებლად გამოიყენებოდა ამონიუმის ქლორიდი.**

**გ. წიქვაძე, გ. დადუნაშვილი, მ. ხუსკივაძე**

ექსპერიმენტული შედეგები აჩვენებს წრფივი უკუპროპორციული კავშირის არსებობას გამყარების ხარისხსა და გამოთავისუფლებულ ფორმალდეჰიდის რაოდენობას შორის, ამასთან ასეთი დამოკიდებულება ნარჩუნდება დაბალი მოლარობის KΦ-MT-15 და KΦ-MT-БП ფისებისთვის 130-160°C ტემპერატურის დიაპაზონში, ხოლო KΦ-MT ფისისათვის 100-120 °C ტემპერატურის დიაპაზონში. 130-160°C ტემპერატურისას ეს დამოკიდებულება ხდება პირდაპირპროპორციული.

ფორმალდეჰიდის გამოყოფა პოლიმერიდან დამოკიდებულია მის სტრუქტურაზე, რომელიც განისაზღვრება, პირველი მიახლოებით, გამყარების ხარისხით. ამგვარად, ალუმინის ბოროფოსფატის კონცენტრატის, როგორც გამყარების ტრადიციული ცხელი დაწნევის პირობებში გამოყენების შემთხვევაში, ფორმალდეჰიდის გამოსავლიანობა დამუშავებული პოლიმერიდან KΦ-MT-15 მარკის ფისზე არის 2,6-ჯერ ნაკლები და KΦ-MT მარკის ფისის საფუძველზე 2-ჯერ დაბალია, ვიდრე ტრადიციული ამონიუმის ქლორიდის გამამყარებლის შემთხვევაში.

შემკვრელისა და მასზე დაფუძნებული პოლიმერების თვისებები, გამოყენებული გამყარების მიხედვით, მოცემულია მე-2 ცხრილში.

**ცხრილი 2**

გამამყარებელი	გამამყარებლის pH	შემკვრელის მაჩვენებლები			გამყარების ხარისხი, %		გამოყოფილი ფორმალდეჰიდის რაოდენობა მგ/გ პოლიმერის	
		pH	ქ ე ლ ა ტ ი - ნიზაციის დრო წმ,		K Φ - MT	K Φ - MT-15	KΦ-MT	K Φ - MT-15
			K Φ - MT	KΦ-MT-15				
მარილ-მჟავა + მარდოვანა	1,88	4,5	45,0	45,0	60,7	60,0	0,100	0,054
		3,5	18,0	15,0	63,0	62,0	0,084	0,050
		2,5	12,0	10,0	65,0	65,0	0,70	0,040
ალუმოქრომფოსფატის კონცენტრატი	1,47	4,5	60,0	-	50,0	-	0,180	-
		3,5	20,0	15,0	60,8	73,0	0,136	0,056
		2,5	12,0	10,0	62,0	75,0	0,100	0,040
ალუმობრომფოსფატის კონცენტრატი	1,45	5,5	54,0	-	64,0	-	0,100	-
		4,5	40,0	35,0	68,0	65,0	0,080	0,060
		3,5	15,0	15,0	68,0	72,0	0,072	0,054
		2,5	10,0	10,0	74,0	74,0	0,060	0,050
ამონიუმის ქლორიდი	4,00	5,82	60,0	55,0	55,0	52,0	0,16	0,066
		5,60	58,0	53,0	55,0	58,0	0,154	0,058

ბოლოს შეიძლება დავასკვნათ, რომ შარდოვანა ფორმალდეჰიდის გამყარების ხარისხი განისაზღვრება ტემპერატურით, თერმული დამუშავების ხანგრძლივობით, წყალბადის იონების კონცენტრაციით და გამამყარებლის ანიონის ბუნებით, ხოლო დაბალი მოლარობის ფისებს აქვთ გამყარების მაღალი ხარისხი, მოწესრიგებული სტრუქტურა და ფორმალდეჰიდის დაბალი გამოსავლიანობა.

### ლიტერატურა

- წიქვაძე, ვასილი. ხუსკივაძე, მადონ. ლიპარტელიანი, გულადი. 2022. „დაბალტოქსიკური მერქანბურბუმელოვანი ფილების წარმოება“. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მოამბე. №2, 2022: 196-204.
- წიქვაძე, ვასილი. ლიპარტელიანი, გულადი. კვანტიძე, ვახტანგი. 2014. „დაბალტოქსიკური მერქანბურბუმელოვანი ფილების წარმოება“. პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი გონი. №2, 2014: 88-91.
- A METHOD FOR THE MANUFACTURE OF CHIPBOARD, AND CHIPBOARD MANUFACTURED IN ACCORDANCE WITH THE METHOD.* EUROPEAN PATENT APPLICATION International application number: PCT/SE89/00130 (87) International publication number: WO 89/08539 21.09.89 Gazette 89/23; B27N 3/02, B32B 21/02
- CHIPBOARD AND METHOD OF ITS MANUFACTURING EUROPEAN PATENT APPLICATION* (43). Date of publication: 04.10.2023. Bulletin 2023/40 (21) Application number: 22166241.4(22) Date of filing: 01.04.2022
- Schulte, H. Von, A. Bernauer, U. Madle, S. Mielke, H. Herbst, U. Richter-Reichhelm, HB. Appel, KE and Gundert, U. 2006. *Remy Assessment of the Carcino-genicity of Formaldehyde* [CASNo. 50-00-0]. Berlin.
- Bardonov, V.A. Ivanov, B.K. Bardonov, I.V and Tupikin, S.N. 2017. “Equipment for the determination of formaldehyde and other harmful volatile chemical emissions from plywood, wood-based panels and furniture.” *Collection of scientific papers based on the results of the seminar* . Russia, Balabanovo: LLC TsSL “Lessertika”. 2017: 218-228
- GOST 30255-2014. 2014. *Furniture, chipboards and polymer materials. Method for determining the emission of formaldehyde and other harmful volatile chemicals in climate chambers*, available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200111602/titles/31068F6>
- GOST 10632-2014. 2014. *Particleboards. Technical requirements*, available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200110850>

Цветков, В.Е. Мачнева, О.П. и др. 2014. *Физико-механические свойства ДСТП на основе олигомерных смесей. Технология и оборудование для переработки древесины*. Науч. тр. Вып. 370. М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ.

## Materials Science

### The production of wood chipboards using low-molar urea-formaldehyde and low-toxic adhesives

†Vasil Tsikvadze

Gia dadunashvili

gia.dadunashvili@atsu.edu.ge

Madonna Khuskivadze

Madona.khuskivadze@atsu.edu.ge

Akaki Tsereteli State University

Kutaisi, Georgia

DOI: <https://doi.org/10.52340/atsu.2024.2.24.17>

*The article discusses the production of wood chipboards using adhesives with low formaldehyde content, where the ratio between urea and formaldehyde is within  $K:F = 1:1.1 \div 1.12$ . This, in turn, greatly reduces the content of free formaldehyde, and under the conditions of proper technological process, the toxicity index of the obtained slabs does not exceed the emission group of ( $E_1 - E_2$ ). In addition, the physical-mechanical properties of the slabs remain within the normal range. In the case of using low molecular resins, hydrolysis is carried out partially or completely due to changes in temperature and humidity during the hardening of resins and adhesives. In this case, hydrolysis destruction is within 20÷25% in the outer layers of the slab, while it does not take place in the inner layers. This greatly reduces the content of free formaldehyde, and, in addition, the toxicity of the slabs is reduced by varying the hardener layer by layer.*

**Keywords:** laminated; Wood-foam tile; concentrate; polymer.

The wood-chipping is the name of particle boards, which are obtained as a result of mixing the adhesive and pressing the rug with a hot method. Such pressed materials are also known as wood chipboards. They are widely used in furniture production, the construction business, during veneering the sliced plywood veneers, and when using a laminate.

Several requirements cause interest and widespread use of wood chipboards in modern conditions:

1. The physico-mechanical properties of the slabs in different directions (length and width) are the same, which is why the same machine is used for their cutting. The tooth profiles can be the same for both cuts.

2. The use of wood chipboards allows us to manufacture wide-body parts.

3. Under conditions of changing humidity, the dimensions of the slab remain almost unchanged.

4. During the production of wood chipboards, we can shred low-quality wood and use various wood wastes. This allows us to increase the useful output of wood as much as possible.

5. When producing the slabs, we can give them increased resistance to fungal and bacterial diseases, reduce water and moisture absorption, and increase fire resistance.

6. Wood chipboards are a highly effective material. 1 cubic meter of wood chipboards is equivalent to 2÷2.5 cubic meters of high-quality sawn material.

7. During the production of wood chipboards, the technological process of the enterprise itself is automated and highly economical. This also applies to laminated wood chipboard manufacturing enterprises (A METHOD FOR ... 21/02, CHIPBOARD ... 2023, Schulte... 2006: 156).

In today's conditions, a lot of attention is paid to the use of wood chipboards, and the same could be also said of laminated wood chipboards.

Wood chipboards, which are used in production and furniture parts, must meet sanitary-hygienic standards, which means a negative impact on the human body that causes health deterioration. The most characteristic from this point of view are urea-formaldehyde or carbamide binders.

The release of free formaldehyde from finished slabs is entirely due to the hydrolysis of partially hardened resin caused by temperature and humidity variations. Research has shown that during the long-term operation of slabs, the hydrolysis destruction is carried out up to (20-30) %. Depending on the resin content in the outer layers, hydrolysis destruction does not occur in the inner layers of hardened resin.

Separation of the toxic substance from the slabs is carried out from the pressed slabs in the sorting and marking area, as well as when stacking the slabs in the shelves. In all these cases, their quantity should not exceed the permissible value, which is 0.5 mg/m<sup>3</sup> (Schulte... 2006: 75-204).

The use of less toxic resins and adhesives in the technological process is possible by changing the mode of resin synthesis, particularly by changing the temperature and acidity of the resin with the ratio of urea and formaldehyde K:F. However, in this case, the physico-mechanical properties of the slabs should



not be reduced, because if this happens, we should increase the rate of binder consumption and the density of the slabs. In addition, it will be necessary to change the type of reinforcement and their quantity, if the content of the used binder formaldehyde in the inner layers is less than 20% CHIPBOARD ... 2023: 89).

Recently, we have used low-molar urea-formaldehyde oligomers to reduce the toxicity of wood chipboards. It is of great interest to study their action during the hot pressing of wood chipboards (Schulte... 2006: 96).

In this case, low-molar urea-formaldehyde oligomer (HM KΦO) was taken as the object of the study compared to the traditional resin of KΦ-MT-15, KΦ-MT-БП, KΦ-MT- brand.

The following study was conducted to evaluate the effectiveness of using HM KΦO in the production of wood chipboards:

The physicochemical characteristics of hardening of HM KΦO and the release of formaldehyde from the hardened polymer were studied on the samples, depending on the temperature, duration of heat treatment and the nature of the hardener, its type and the percentage.

Thermohydrolytic stability of hardened polymers and wood chipboards based on their basis was studied;

The main physical and mechanical properties of wood chipboards were studied based on HM KΦO;

The experiments were conducted in laboratory conditions using physicochemical and analytical research methods. The hardening degree was determined by hardening the resins on the polymerization plate. The amount of hardened polymer fraction was compared with the amount of formaldehyde dissolved in water.

Table 1 presents the results of studies on the effect of temperature and duration of heat treatment on the hardening degree of the binder and the amount of formaldehyde released.

**Table I**

Hardening temperature, C°	duration of heat treatment, s	The hardening degree urea resins, %			The amount of formaldehyde released from mg/g polymer		
		KΦ-MT	KΦ-MT-15	KΦ-MT-БП	KΦ-MT	KΦ-MT-15	KΦ-MT-БП
100	45	42.0	50.0	-	0.240	0.068	-
100	60	55.0	52.0	47.0	0.200	0.060	0.100

100	90	57.0	60.0	52.0	0.183	0.050	0.090
100	120	60.0	62.0	62.0	0.176	0.044	0.088
100	150	60.0	63.0	55.0	0.173	0.036	0.086
110	60	61.0	65.0	56.0	0.150	0.055	0.086
120	60	63.0	69.0	59.0	0.113	0.040	0.075
130	60	58.0	69.0	62.0	0.100	0.035	0.062
160	60	56.0	62.0	59.0	0.065	0.025	0.037

**Note: Ammonium chloride was used as a hardener.**

For traditional pressing conditions, when the temperature of the inner rug does not exceed 100 °C and the duration of heat treatment is 60 seconds, the highest hardening degree and released formaldehyde has the KΦ-MT brand resin, the lowest - KΦ-MT-БП, and the intermediate position is occupied by KΦ-MT-15. At the same temperature, with an increase in the duration of heat treatment, the picture changes, and with a duration of heat treatment of 150 seconds, the hardening degree of KΦ-MT-15 resin increases by 3%. With an increase in temperature from 120 to 130 °C and duration of heat treatment of 60 seconds, the hardening of KΦ-MT resin decreases by 11% compared to KΦ-MT-15 resin and amounts to 58%, and the hardening degree of KΦ-MT-БП resin continues to increase, but in absolute value it is 7% lower than the similar indicator of KΦ-MT-15 resin, the absolute value of which is 69%.

Experimental results show the existence of a linear inverse relationship between the hardening degree and the amount of formaldehyde released, while this relationship is maintained for low-molar KΦ-MT-15 and KΦ-MT-БП resins in the temperature range of 130-160 °C, and for KΦ-MT resin - in the temperature range of 100-120 °C. At a temperature of 130-160 °C, this relationship becomes directly proportional.

The release of formaldehyde from the polymer depends on its structure, which is determined, to a first approximation, by the hardening degree. Thus, in the case of using aluminum borophosphate concentrate as a hardener under traditional hot-pressing conditions, the release of formaldehyde from the treated polymer on KΦ-MT-15 brand resin is 2.6 times lower, and for KΦ-MT-based brand resin, it is 2 times lower than that of traditional ammonium chloride hardener.

გ. წიქვაძე, გ. დაღუნაშვილი, მ. ხუსკივაძე

Table 2 presents the properties of the binder and polymers on its basis, depending on the used hardener.

**Table 2**

Hardener	Harde- ner's pH	Binder indicators			Hardening degree %		The amount of formaldehyde released from mg/g polymer	
		pH	Gelatinization time, s		K Φ - MT	K Φ - MT-15	K Φ - MT	K Φ - MT-15
			K Φ - MT	K Φ - MT-15				
Hydrochloric acid+ urea	1,88	4,5	45,0	45,0	60,7	60,0	0,100	0,054
		3,5	18,0	15,0	63,0	62,0	0,084	0,050
		2,5	12,0	10,0	65,0	65,0	0,70	0,040
Aluminochrome phosphate concentrate	1,47	4,5	60,0	-	50,0	-	0,180	-
		3,5	20,0	15,0	60,8	73,0	0,136	0,056
		2,5	12,0	10,0	62,0	75,0	0,100	0,040
Aluminum bromophosphate concentrate	1,45	5,5	54,0	-	64,0	-	0,100	-
		4,5	40,0	35,0	68,0	65,0	0,080	0,060
		3,5	15,0	15,0	68,0	72,0	0,072	0,054
		2,5	10,0	10,0	74,0	74,0	0,060	0,050
Ammonium chloride	4,00	5,82	60,0	55,0	55,0	52,0	0,16	0,066
		5,60	58,0	53,0	55,0	58,0	0,154	0,058

Finally, it can be concluded that the hardening degree of urea formaldehyde is determined by temperature, duration of heat treatment, concentration of hydrogen ions, and the nature of the anion of the hardener, while low-molar resins have a high hardening degree, ordered structure, and low yield of formaldehyde.