

## Эксплуатационные свойства хлопчатобумажных тканей, окрашенных загущенными модифицированными крахмалами

**Аннотация.** Изучены реологические свойства модифицированного крахмала в зависимости от концентрации крахмала и модификаторов. Выявлено, что степень связывания красителя модифицированного крахмала уменьшается почти в 1,6 раза по сравнению с нативным крахмалом.

Определено, что устойчивость модифицированного крахмала составляет 4 дня против крахмальной до 1,5 суток.

**Ключевые слова:** реологические свойства, модификация, крахмал, загуститель, хлопчатобумажная ткань, отделка, краситель, эффективность.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2022-140-3-39-45>

Во всем мире на отделочных предприятиях для печатания хлопчатобумажных текстильных материалов в большинстве случаев используют пигменты и активные красители. При этом эффективность процесса печатания во многом зависит от правильного выбора загустителя, роль которого проявляется как в качестве печатного рисунка, так и в экономическом и экологическом аспектах производства набивных тканей [1–4].

Необходимо отметить, что особую актуальность в настоящее время приобрели во всем мире вопросы экологии. Одной из основных причин, обостряющих экологические проблемы в текстильном отделочном производстве, является выброс в окружающую среду жидких отходов - стоков, в которых содержатся нефиксированные красители, ПАВ, органические и неорганические ингредиенты, промывные шлихтующие компоненты, а также загущающие вещества [1,5–7].

Исходя из этого, вполне очевидна актуальность и своевременность исследований, направленных на создание технологий, в которых в качестве текстильно-вспомогательных веществ как загустителя используются безопасные как для биосферы, так и для человека природные соединения. Таким требованиям в полной мере, применительно к продукции для загущения печатных красок, отвечают полимерные композиции на основе модифицированного крахмала Na-КМЦ и акриловой эмульсии, т.е. загущающие полимерные композиции в системе крахмал-Na-КМЦ и акриловая эмульсия [8–11].

В связи с этим в данной работе приводятся результаты физико-химических свойств загустителя и печатно-технических свойств хлопчатобумажных тканей, напечатанных на основе загустителя крахмала модифицированными Na-КМЦ и акриловой эмульсией.

Вязкость загустителя является одной из основных характеристик системы, так как она должна находиться в пределах оптимального значения, при котором обеспечиваются образование на поверхности ткани защитной пленки с красителями, придающей ей прочность, и полный переход красителя на ткань [12–14].

Как видно из полученных данных (табл.1.), вязкость композиции, по сравнению с чистым крахмалом одной и той же концентрации, высокая. Если вязкость 4%-ного раствора крахмала при 298 К составляет 14.516 Па.с, то вязкость того же раствора при концентрации Na-КМЦ и акриловая эмульсия 3,0 и 0,3 % от веса крахмала, соответственно, достигается до 24.721 Па.с, или при концентрации крахмала 6% до модификации вязкость раствора составляет 41.064 Па.с., а после модификации его Na-КМЦ и акриловой эмульсией (концентрация модификаторов,

соответственно, составляет 3,0 и 0,3 % от веса крахмала) вязкость системы составляет 62.787 Па.с, т.е вязкость системы повышается почти 1,5 раза. Это говорит о том, что за счет функциональных групп составляющих компонентов и ван-дер-ваальсовых сил происходят модификации гидроксильных групп крахмала. Следует отметить, что присутствие модификаторов в системе не только повышает вязкость системы, но также способствует повышению степени тиксотропного восстановления, а также уменьшению предела текучести загустителя. Так, например, при концентрации крахмала 5,0% степень тиксотропного восстановления и предел текучести составляют 84,2% и 39,14 г/см<sup>2</sup>, соответственно, то после модификации при той же концентрации крахмала соответственно, достигается до 97,6% и 34,23 г/см<sup>2</sup>.

Таблица 1

**Изменение реологических свойств разработанного состава в зависимости от концентрации крахмала, Na-КМЦ и акриловой эмульсии**

Концентрация крахмала в загустителе, %	Концентрация модификаторов, % от веса крахмала		η, Па.с (T=293K)	Степень тиксотропного восстановления, %	Предел текучести, P <sub>m</sub> , г/см <sup>2</sup>	Степень расщепления крахмала, %
	Na-КМЦ	Акриловая эмульсия				
4	-	-	14.516	80,4	41,36	-
5	-	-	23.543	84,2	39,14	-
6	-	-	41.064	93,3	25,40	-
4	2,0	-	16.730	83,7	40,23	63,0
	3,0	-	18.145	86,4	37,14	67,5
	4,0	-	21.283	95,2	33,26	72,3
	-	0,1	15.264	82,3	40,78	56,4
	-	0,2	17.846	85,1	38,19	58,6
	-	0,3	18.935	94,4	35,27	64,0
	3,0	0,3	24.721	96,7	30,41	75,7
5	2,0	-	26.434	86,8	38,76	60,4
	3,0	-	28.743	88,7	35,28	62,3
	4,0	-	32.672	96,1	31,08	64,7
	-	0,1	25.126	84,2	38,56	53,4
	-	0,2	27.447	86,3	36,15	54,2
	-	0,3	29.165	95,1	33,47	58,1
	3,0	0,3	35.284	97,6	34,23	75,6
6	2,0	-	47.182	88,4	25,11	57,8
	3,0	-	51.723	91,5	23,64	59,7
	4,0	-	55.641	97,6	20,78	63,4
	-	0,1	31.142	85,3	26,24	52,1
	-	0,2	34.284	87,8	25,18	53,6
	-	0,3	40.166	96,2	22,34	55,4
	3,0	0,3	62.787	98,7	19,26	73,2

Для приготовления модифицированного крахмального загустителя исключительно важную роль играет такой показатель, как продолжительность варки. Для установления оптимального времени варки нами были изучены следующие характеристики модифицированного крахмального загустителя: степень расщепления крахмальных зерен, динамическая вязкость, динамическая устойчивость структуры (ДУС), электрокинетические свойства и степень связывания активного красителя, результаты которой представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

**Влияние природы и концентрации модификатора на степень связывания красителя активного красного 6 С крахмального загустителя, модифицированного Na-КМЦ и акриловой эмульсией**

Концентрация крахмала, %	Модификатор	Концентрация модификатора, % от веса крахмала		Степень связывания красителя, %	ξ потенциал, мВ
		Na-КМЦ	Акриловая эмульсия		
5	Na-КМЦ	-	-	37,0	18,74
		2,0	-	23,0	14,63
		3,0	-	20,0	15,42
		4,0	-	16,0	15,93
	Акриловая эмульсия	-	0,1	26,0	13,86
		-	0,2	25,0	14,71
-		0,3	23,0	15,46	
6	Na-КМЦ	-	-	41,0	14,23
		2,0	-	25,0	16,20
		3,0	-	22,0	17,67
		4,0	-	14,0	19,35
	Акриловая эмульсия	-	0,1	28,0	15,22
		-	0,2	26,0	16,37
-		0,3	22,0	18,14	
5	Акриловая эмульсия	3,0	0,3	13,0	21,16
6	NaКМЦ+ акриловая эмульсия	3,0	0,3	11,0	23,45
Базовая немодифицированная загуститель (крахмал, 9,0 % масс.)				43	5,87

Таблица 3

**Изучение влияния различных факторов на процессы модификации крахмальной суспензии**

Обрабатываемые системы	Вещества, вводимые перед заваркой	Вязкость готового загустителя*, Па.с	Устойчивость, дн.	Степени связывания активных красителей, модифицированных загустителем, %
Крахмал	-	23,543	1,5	37,0
Крахмал-модификатор	Na-КМЦ	28743	3,0	20,0
Крахмал-модификатор	Акриловая эмульсия	29165	2,5	23,0
Крахмал-модификатор	Na-КМЦ-акриловая эмульсия	35284	4,0	13,0

\* концентрация крахмала в композиции 5,0% масс.

Как видно из полученных данных (табл.2.), осуществление модификации крахмала существенно влияет на степень связывания активного красителя. Последний является основным фактором при печатании хлопчатобумажной ткани активными красителями с крахмальным загустителем, т.к. между функциональными группами крахмала и красителя происходит образование водородных связей и за счет этого степень связывания очень высока.

Из полученных данных следует, что при осуществлении модификации Na-КМЦ или же акриловой эмульсией степень связывания красителя с крахмалом уменьшается почти в 1,6 раза, а в случае модификации крахмала одновременно в присутствии Na-КМЦ и акриловой эмульсии, т.е. в системе крахмал-Na-КМЦ-акриловая эмульсия степень связывания красителя уменьшается почти в 3,0–3,5 раза. Например, при концентрации 5%-ного крахмального клейстера без модификатора степень связывания красителя составляет 37%, а в присутствии модификатора Na-КМЦ и акриловой эмульсии уменьшается до 11%.

Данные табл. 2. дают основание заключить, что введение Na-КМЦ и акриловой эмульсии как модификатора крахмала позволяет придать коллоидным частицам загустителя отрицательный потенциал и тем самым снизить его способность связывать активный краситель. Это можно объяснить тем, что отрицательный заряд на поверхности крахмальных зерен нейтрализуется присутствием положительно заряженного катиона  $Na^+$ , способного координационно связываться с функциональными группами, которые представляют Na-КМЦ и акриловая эмульсия.

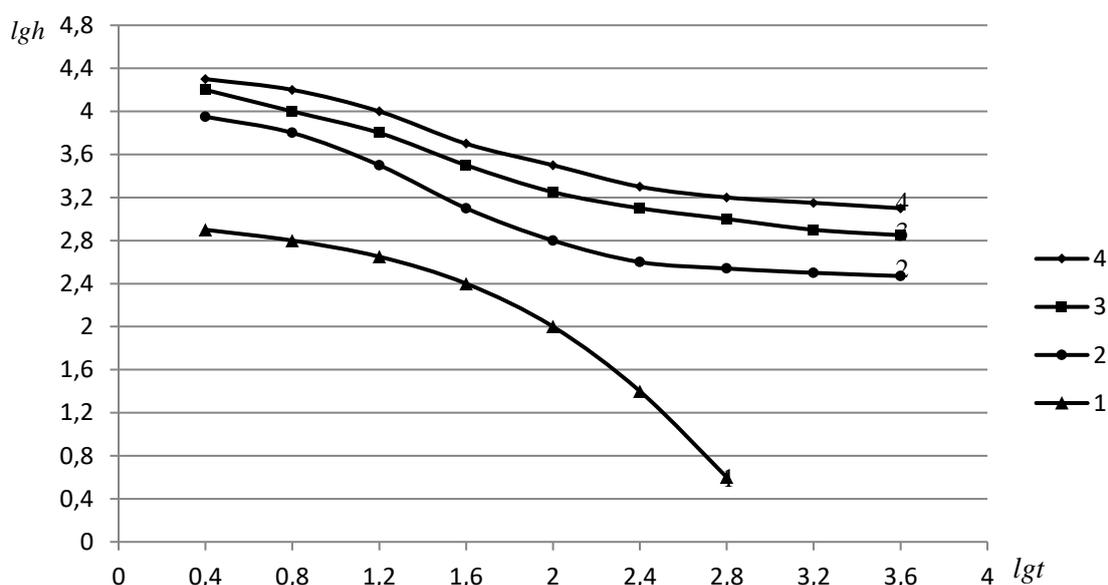
Нами установлено, что минимальная величина степени связывания активного красителя модифицированным загустителем достигается при степени расщепления 74-79 %. В связи с этим необходимо было выяснить, будет ли модифицированный крахмальный загуститель с такой степенью расщепления удовлетворять требованиям по реологии и устойчивости во времени (табл.3.).

Появление устойчивой мутности указывает на то, что водная среда обработанных суспензий содержит коллоидные частицы, не осаждаемые при длительном хранении, т.е. достигается термодинамически устойчивая система по отношению к крахмальному загустителю. В результате химической модификации наблюдаются изменения и в реологическом поведении клейстеров, заваренных из обработанных суспензий крахмала, модифицированным NaКМЦ и акриловым эмульсием.

Агрегативная устойчивость модифицированного крахмально-Na-КМЦ-акриловой эмульсией загустителя становится больше (4 дня) по сравнению с чисто крахмальной (1,5 дня).

Влияние концентрации модификаторов на реакционную способность крахмала исследовали на примере реакции гетерогенной модификации крахмала модификатором. Если сравнить концентрации модификаторов, достигаемые за одно и то же время для двух случаев, то получим, что, например, за 30 мин реакции расход модификатора Na-КМЦ составил 9,3 % для 5%-ной крахмальной суспензии без акриловой эмульсии, а с акриловой эмульсией - 11,7%. Как видно, скорость реакции для модификации крахмальной суспензии Na-КМЦ и акриловой эмульсией выше, чем для крахмала, модифицированного Na-КМЦ. Это связано с различиями в реакционной способности, пока протекают поверхностные процессы, т.е. до наступления стадии модификации в объеме зерна, лимитируемые диффузией.

Реологическое поведение гелеобразной системы хорошо характеризуется ходом кривых текучести, представляющих собой зависимости  $lgh=f(lgt)$  (рисунок 1). При концентрации модификатора Na-КМЦ 3,0 % от веса крахмала, наблюдается резкое увеличение угла наклона кривых текучести, которые принимают вид, характерный для студнеобразных систем с резким возрастанием вязкости в области малых концентраций и отсутствием участка с постоянным максимальным значением вязкости. Такую же картину наблюдали для всех концентраций крахмала свыше 4% масс (рис). Этот факт объясняется, тем что характер реологических кривых для водных растворов крахмала определяется соотношением в растворе молекулярно-растворенной части полимера и количества коллоидно-дисперсной фазы. Можно предположить, что действие сдвиговых усилий вызывает разрушение молекулярной сетки зацеплений, ориентацию освобожденных макромолекул и возникновение новых надмолекулярных образований.



**Рисунок 1. Кривые текучести 5%-ных водных растворов крахмала 1-исходного, 2-в присутствии модификатора акриловая эмульсия, 3-в присутствии модификатора Na-КМЦ, 4-в присутствии модификатора Na-КМЦ и акриловой эмульсии**

Таким образом, установлено, что в результате модификации крахмала Na-КМЦ и акриловой эмульсии его физико-химические и реологические свойства, по отношению к чистому крахмалу, становятся высокими по отношению к вязкости и степени тиксотропного восстановления и значительно уменьшается по отношению к пределу текучести загустителя.

## Список литературы

1. Amonova M.M., Ravshanov K.A., Amonov M.R. Study doses coagulants Treat. waste water from Text. Prod. Universum Him. i Biol. – 2019. – Vol. 6. № 60. – P. 47-49.
2. Amonov M.R. et al. Application of polymer compounds as the thickening agents for the printing inks // Plast. Massy Sint. Svoystva Pererab. Primen. Plastmassy. – 2003. – № 7. – P. 47-48.
3. Amonov M.R., Ikhtiyarova G.A., Yariev O.M. Studying the color characteristics of cotton cloth with application of polymer compound // Plast. Massy Sint. Svoystva Pererab. Primen. – 2004. – № 2. – P. 41-43.
4. Amonov M.R. et al. Physicochemical foundations of development of compositions of the dressing components // Plast. Massy Sint. Svoystva Pererab. Primen. Plastmassy. – 2003. – № 6. – P. 32-34.
5. Amonova M.M., Ravshanov K.A. Polymeric composition for purification of wastewater from various impurities in textile industry // ChemChemTech. – 2019. – Vol. 62. № 10. – P. 147-153.
6. Surina R., Andrassy M. Effect of preswelling and ultrasound treatment on the properties of flax fibers cross-linked with polycarboxylic acids // Text. Res. J. – 2013. – Vol. 83. № 1. – P. 66-75.
7. Suleimenov I.E. et al. Redistribution of the concentrations in polyelectrolyte hydrogels contacts as the basis of new desalination technologies // News Natl. Acad. Sci. Repub. Kazakhstan-series Geol. Tech. Sci. – 2017. – Vol. 423. № 3. – P. 198-205.
8. Khutoryanskaya O.V. et al. Hydrogen-bonded complexes and blends of poly(acrylic acid) and methylcellulose: Nanoparticles and mucoadhesive films for ocular delivery of riboflavin // Macromol. Biosci. – 2014. – Vol. 14. № 2. – P. 225-234.
9. Yavuz G. et al. Structural coloration of chitosan coated cellulose fabrics by electrostatic self-assembled poly (styrene-methyl methacrylate-acrylic acid) photonic crystals // Carbohydr. Polym. – 2018. – Vol. 193. – P. 343-352.
10. Ibrahim S.M. Synthetic absorbent for dyestuffs based on gamma crosslinked poly(vinyl alcohol) (PVA) // J. Appl. Polym. Sci. – 2003. – Vol. 89. № 2. – P. 349-354.
11. Chattopadhyay D.P. Cationization of cotton for low-salt or salt-free dyeing // Indian J. Fibre Text. Res. – 2001. – Vol. 26. № 1-2. – P. 108-115.
12. Pamies R. et al. Temperature-induced intermicellization and contraction in aqueous mixtures of sodium dodecyl sulfate and an amphiphilic diblock copolymer // J. Colloid Interface Sci. – 2008. – Vol. 326. № 1. – P. 76-88.
13. Yu B. et al. Thickening behavior and synergistic mechanism of mixed system of two hydrophobically associating polymers // J. Dispers. Sci. Technol. Taylor and Francis Inc. – 2017. – Vol. 38. № 8. – P. 1196-1203.
14. Swerin A. Dimensional Scaling of Aqueous Ink Imbibition and Inkjet Printability on Porous Pigment Coated Paper-A Revisit // Ind. Eng. Chem. Res. American Chemical Society. – 2018. – Vol. 57. № 49. – P. 16684-16691.

**Д.Б. Муталипова, М.Р. Амонов, С.И. Назаров, Х.К. Раззаков**

*Бұхара мемлекеттік университеті, Бұхара, Өзбекстан*

### **Модификацияланған крахмалмен қоюланған баспаланған мақта жіп маталардың эксплуатациялық қасиеті**

**Аңдатпа.** Модификацияланған крахмалдың реологиялық қасиеттері крахмал мен модификаторлардың концентрациясына байланысты зерттелді. Модификацияланған крахмал бояғышының байланысу дәрежесі кәдімгі крахмалмен салыстырғанда 1,6 есеге жуық төмендейтіні анықталды.

Модификацияланган крахмалдың төзімділігі 1,5 тәулікке дейін болатын крахмалға қарағанда 4 тәулікке дейін артатындығы анықталды.

**Түйін сөздер:** реологиялық қасиет, модификация, крахмал, қоюлатқыш, мақта жіп матасы, бөлу, бояғыш тиімділігі.

**D.B. Mutalipova, M.R. Amonov, S.I. Nazarov, X.K. Razzakov**

*Bukhara state University, Bukhara, Uzbekistan*

### **Operational properties of printed cotton fabrics thickened with modified starch**

**Abstract.** The article considers rheological properties of modified starch depending on the concentration of starch and modifiers. It was revealed that the degree of binding of the modified starch dye decreases by almost 1.6 times compared to native starch.

It was determined that the stability of modified starch up to 4 days, against starch up to 1.5 days.

**Keywords:** Rheological properties, modification, starch, thickener, cotton fabric, finish, dye, efficiency.

#### **Сведения об авторах:**

**Муталипова Д.Б.** – соискатель, Бухарский государственный университет, ул. Икбол 11, Бухара, Узбекистан.

**Амонов М.Р.** – д.т.н, профессор, Бухарский государственный университет, ул. Икбол 11, Бухара, Узбекистан.

**Назаров С.И.** – к.т.н., доцент, Бухарский государственный университет, ул. Икбол 11, Бухара, Узбекистан.

**Раззаков Х.К.** – к.т.н., доцент, Бухарский государственный университет, ул. Икбол 11, Бухара, Узбекистан.

**Mutalipova D.B.** – applicant, Bukhara state University, Ikbol str.,11, Bukhara, Uzbekistan.

**Amonov M.R.** – Professor, Doctor of Technical Sciences, Bukhara state University, Ikbol str.,11, Bukhara, Uzbekistan.

**Nazarov S.I.** – Associate professor, Candidate of Technical Sciences, Bukhara state University, Ikbol str.,11, Bukhara, Uzbekistan.

**Razzakov X.K.** – Associate professor, Candidate of Technical Sciences, Bukhara state University, Ikbol str.,11, Bukhara, Uzbekistan.