

УДК 621.745

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА ПОСЛЕ СУШКИ И ОБЖИГА ПО ТЕХНОЛОГИИ ФИРМЫ «FUCHS»

ГНЕЗДОВ Е.Н., канд. техн. наук, РАКУТИНА Д.В., асп., БУХМИРОВ В.В., д-р техн. наук

Разработана методика экспериментального определения характеристик качества кирпича (трещинообразование, сопротивление на сжатие и изгиб) в зависимости от условий сушки и обжига и состава сушильно-печного оборудования. Приведены результаты экспериментального исследования качества керамического кирпича на всех этапах технологического процесса.

Цель исследования - определение основных параметров качества кирпича при различных условиях его производства на оборудовании австрийской фирмы «Fuchs», установленном на ОАО «Ивстрой-керамика» и включающем в себя сушилки и печи.

В сушильно-печном отделении установлены четыре туннельные сушилки ($l=132$ м), четыре обжиговые печи ($l=132$ м) и одно предварительное сушило ($l=132$ м). Каждая сушилка и печь вмещает 44 вагонетки. По проекту предусмотрена работа сушильно-печного отделения парами: сушилка – печь. Во время проведения исследований работали все 4 сушилки и 3 обжиговые печи.

Горячий воздух из зоны охлаждения печей № 1 и № 2 общим потоком направляется в сушилки № 1 и № 2. Воздух из печи № 3 используется для работы двух сушилок № 3 и № 4, поэтому расход горячего воздуха здесь в два раза меньше, чем в первых двух сушилках. Кроме этого, часть горячего воздуха из сушилок № 2 и № 3 отводится в деревообрабатывающий цех, а перед сушилкой № 1 есть отвод горячего воздуха в отделение подготовки шихты. Каждая сушилка имеет 9 окон по длине туннеля, через которые осуществляется отвод горячего воздуха в цех. Поэтому условия сушки и обжига в однотипных агрегатах существенно отличаются.

Особенностью технологии фирмы «Fuchs» является отказ от многорядной садки - каждый кирпич ставится на вагонетку отдельно на тычок с зазором по отношению к соседним изделиям. Подина выполнена из ребристых плит, опирающихся на столбики. В этом случае газовая среда имеет возможность проходить под плитами и кирпичами. Таким образом достигаются практически однородные условия теплообмена на всех поверхностях обрабатываемых изделий.

В настоящее время сушка полнотелого и пустотелого кирпича происходит за 40-48 ч. Однако специальными лабораторными исследованиями было установлено, что для изделий из сырья, используемого на ОАО «Ивстройкерамика», возможно значительное сокращение времени сушки (до 24 ч). Этот факт свидетельствует о том, что существует большой резерв для увеличения производительности печного и сушильного оборудования за счет совершенствования режимов сушки и обжига.

Качество кирпича регламентируется по ГОСТ 530-95 «Кирпич и камни керамические» целым рядом показателей, среди которых важнейшими являются форма, размеры и внешний вид изделия (в частности, характер и количество трещин), а также сопро-

тивление при сжатии и изгибе. По требованиям этого же нормативного документа рекомендуемый объем выборки из партии в 10001–30000 штук составляет 5 или 10 кирпичей, то есть менее 0,1%, что для достоверного исследования качества изделий нельзя считать достаточным.

В реальных условиях производства имеют место и случайные отклонения от заданного режима сушки и обжига. При этом задача выявления зависимости характеристик качества продукции от условий сушки и обжига существенно усложняется, так как трудно выделить полезный сигнал на фоне производственного шума. Поэтому для увеличения достоверности экспериментальных данных также необходимо увеличение объема выборки.

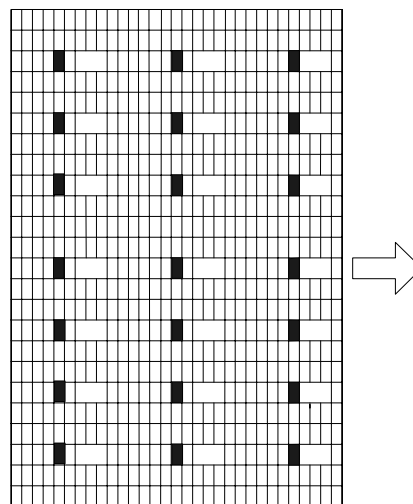


Рис.1. Схема расположения исследуемых кирпичей на вагонетке:
01 – 21 – номера кирпичей

Для проведения экспериментального исследования из общего потока выделили 12 вагонеток с одинарным полнотелым кирпичом. Исследуемые кирпичи (21 шт.) были равномерно распределены по площади вагонетки (рис.1). Информация о состоянии этих кирпичей (трещины, включения и т. д.) заносилась в журналы наблюдений. Таким образом, объем выборки составил $12 \times 21 = 252$ шт., или 3% от общего количества садки.

Эксперимент проводился в период относительно стабильной работы оборудования шихтоприготовительного, формовочного и сушильно – печного отделений.

Разбраковка по трещинам проводилась после каждого технологического этапа сушки и обжига: предварительной сушки, основной сушки и обжига в печи. При разбраковке учитывались трещины длиной более 10 мм на всех гранях отдельно стоящих кирпичей, кроме трещин от инородных включений и механических воздействий. Результаты разбраковки сведены в таблицу 1.

На основании анализа результатов эксперимента и таблицы 1, в которой представлены сводные результаты разбраковки кирпича, можно сделать следующие выводы.

1. По виду, расположению и характеру трещин две трети от общего количества изделий не отвечают требованиям ГОСТ 530-95.

2. Доля недосушенных (по визуальной оценке) кирпичей составляет в среднем 22,7 %. Практически отсутствуют пятна сырости на кирпичах после сушилок № 1 и № 3. Из сушилки №2 33,3 % кирпичей выходят недосушенными, а из сушилки №4 – 41,3 %.

Высокий процент недосушенных изделий в сушилке № 4 объясняется значительно меньшим расходом теплоносителя. Большое количество брака после сушилки № 2, снабжаемой горячим воздухом в полном объеме, является следствием нарушения режима эксплуатации, так как шибер на выбросе влажно-го воздуха в атмосферу был закрыт на ~ 95%.

3. На постели кирпича было зафиксировано 67,2% трещин. Из них 50,3% появилось в сушилке, а 49,7% - в печи.

4. Третья часть от общего количества трещин (29,4%) находится на ложке кирпича. Трещины образовались в основном в сушилке (50,1%) и в меньшей степени в печи (34,8%). После предварительного сушила количество трещин составило 15,2%.

5. На тычке кирпича доля трещин невелика и составляет 3,4%. Большинство трещин (80,5%) появилось в печи.

6. Общее число трещин на всех гранях кирпича, появившихся после сушки, составляет 48,7%, а после обжига – 46,7%, что свидетельствует о необходимости совершенствования режимов работы всего сушильно-печного оборудования.

Таблица 1. Результаты разбраковки кирпича

Но- мер ваго нет- ки	Количество трещин, появившихся на гранях по этапам (Обозначения этапов: П/с – предварительное сушило, С – сушило, П – печь)																	
	Ложок					Тычок					Постель					Всего		
	П / с	С	П	Σ	На 1 кир- пич	П / с	С	П	Σ	На 1 кир- пич	П / с	С	П	Σ	На 1 кир- пич	Σ	На 1 кир- пич	
1	31	103	62	196	9,3	0	6	29	35	1,7	0	160	418	578	27,5	809	38,5	
2	83	89	39	211	10,0	0	1	15	16	1,7	0	251	291	542	25,8	789	37,6	
3	31	142	53	226	10,8	0	6	17	23	1,1	0	314	264	578	27,5	827	39,4	
4	24	97	53	174	8,3	1	3	13	17	0,8	0	230	228	458	21,8	649	30,9	
5	117	57	35	209	9,9	2	4	24	30	1,4	0	241	235	476	22,7	715	34,0	
6	10	100	63	173	8,2	0	3	13	16	0,8	0	241	159	400	19,0	589	28,0	
7	10	120	81	211	10,0	1	9	24	34	1,6	0	256	163	419	19,9	664	31,4	
8	22	108	74	204	9,7	0	7	12	19	0,9	0	240	144	384	18,3	607	28,9	
9	7	87	106	200	9,5	0	4	15	19	0,9	0	215	195	410	19,5	629	29,9	
10	4	100	101	205	9,8	0	6	29	35	1,7	0	238	212	450	21,4	690	32,9	
11	18	108	102	228	10,9	0	1	21	22	1,0	0	180	260	440	20,5	690	32,9	
12	12	105	75	192	9,1	0	0	11	11	0,5	0	193	225	418	19,9	621	29,6	
Всего	369	1216	844	2429		4	50	223	277		0	2759	2794	5553		8259		
В про- центах	15,2	50,1	34,8	100,0		1,4	18,1	80,5	100,0		0,0	49,7	50,3	100,0				
В процен- тах по граням				29,4					3,4					67,2		100,0		
В том числе	4,5	14,7	10,2			0,1	0,6	2,7			0,0	33,4	33,8			100,0		
Среднее значение:					9,6					1,2					22,0		32,8	

Испытание кирпичей на прочность и расчет предельных значений сопротивления изделий при сжатии и изгибе проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 8462 –85 «Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе».

Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ образца рассчитывали по формуле

$$\sigma_{сж} = P/F, \quad (1)$$

где P – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, МН (кгс); F – площадь поперечного сечения образца, вычисляемая как среднее арифметическое значение площадей верхней и нижней его поверхностей, m^2 (cm^2).

Предел прочности при изгибе $\sigma_{изг}$ образца определяли по формуле

$$\sigma_{изг} = 3Pl / (2bh^2), \quad (2)$$

где P – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, МН(кгс); l – расстояние между

осями опор, м(см); b – ширина образца, м (см); h – высота образца посередине пролёта, м(см).

Испытание кирпича на прочность при изгибе проводили до разрушения кирпича на две половинки. Затем кирпичи, расколовшиеся приблизительно на две равные половинки (~86 %), испытывали на сжатие.

Среднее значение сопротивления кирпичей на сжатие и изгиб после сушки и обжига рассчитывали как для всей партии, с учетом кирпичей, разрушившихся ещё до испытания на прочность, так и для партии кирпичей после отделения брака. Результаты этих испытаний представлены в табл. 2 и 3 (в скобках приведены механические свойства для всей партии кирпичей с учетом брака) и на рис. 4. Заметим также, что для разрушившихся кирпичей сопротивление на изгиб и сжатие было принято равным нулю.

Предварительный анализ данных табл. 2 и 3 позволяет сделать вывод о том, что качество сушки и обжига приблизительно одинаково для всего сушильно – печного оборудования.

Таблица 2. Механические свойства кирпичей, усредненные по сушилкам

№ п/п	Номер тележки	Группа сушилка-печь	Среднее значение предела прочности для разных сушилок кгс/см ²			
			Сжатие	Среднее	Изгиб	Среднее
1	2	Суш 1-печь 1	119,4 (112,8)	124,4 (100,2)	13,08 (12,46)	14,62 (11,99)
2	6	Суш 1-печь 2	122,2 (95,06)		13,03 (10,42)	
3	10	Суш 1-печь 3	131,6 (92,87)		17,76 (13,09)	
4	11	Суш 2 –печь 1	118,8 (97,84)	118,2 (93,82)	14,18 (12,06)	13,98 (11,50)
5	3	Суш 2 –печь 2	115,1 (94,78)		13,65 (11,70)	
6	7	Суш 2 –печь 3	120,6 (88,84)		14,10 (10,75)	
7	8	Суш 3 – печь1	124,8 (110,9)	121,2 (94,11)	14,59 (13,20)	14,47 (11,97)
8	12	Суш 3 –печь 2	119,0 (87,65)		14,72 (11,04)	
9	4	Суш 3 – печь 3	119,7 (83,79)		14,11 (11,67)	
10	5	Суш 4 –печь 1	132,9 (110,7)	122,8 (100,2)	15,09 (12,58)	13,97 (11,60)
11	9	Суш 4 – печь 2	121,9 (99,08)		12,74 (10,83)	
12	1	Суш 4 – печь 3	113,5 (90,80)		14,07 (11,39)	

Таблица 3. Механические свойства кирпичей, усредненные по печам

№ п/п	Номер тележки	Группа сушило - печь	Среднее значение предела прочности для разных печей кгс/см ²			
			Сжатие	Среднее	Изгиб	Среднее
1	2	Суш 1-печь 1	119,4 (112,8)	124,0 (108,1)	13,08 (12,46)	14,24 (12,58)
2	11	Суш 2 – печь 1	118,8 (97,84)		14,18 (12,06)	
3	8	Суш 3 –печь 1	124,8 (110,9)		14,59 (13,20)	
4	5	Суш 4 – печь 1	132,9 (110,7)		15,09 (12,58)	
5	6	Суш 1 – печь 2	122,2 (95,06)	119,6 (94,14)	13,03 (10,42)	13,54 (11,00)
6	3	Суш 2 – печь 2	115,1 (94,78)		13,65 (11,70)	
7	12	Суш 3 - печь 2	119,0 (87,65)		14,72 (11,04)	
8	9	Суш 4 – печь 2	121,9 (99,08)		12,74 (10,83)	
9	10	Суш 1 – печь 3	131,6 (92,87)	121,4 (89,06)	17,76 (13,09)	15,01 (11,73)
10	7	Суш 2 – печь 3	120,6 (88,84)		14,10 (10,75)	
11	4	Суш 3 – печь 3	119,7 (83,79)		14,11 (11,67)	
12	1	Суш 4 – печь 3	113,5 (90,80)		14,07 (11,39)	

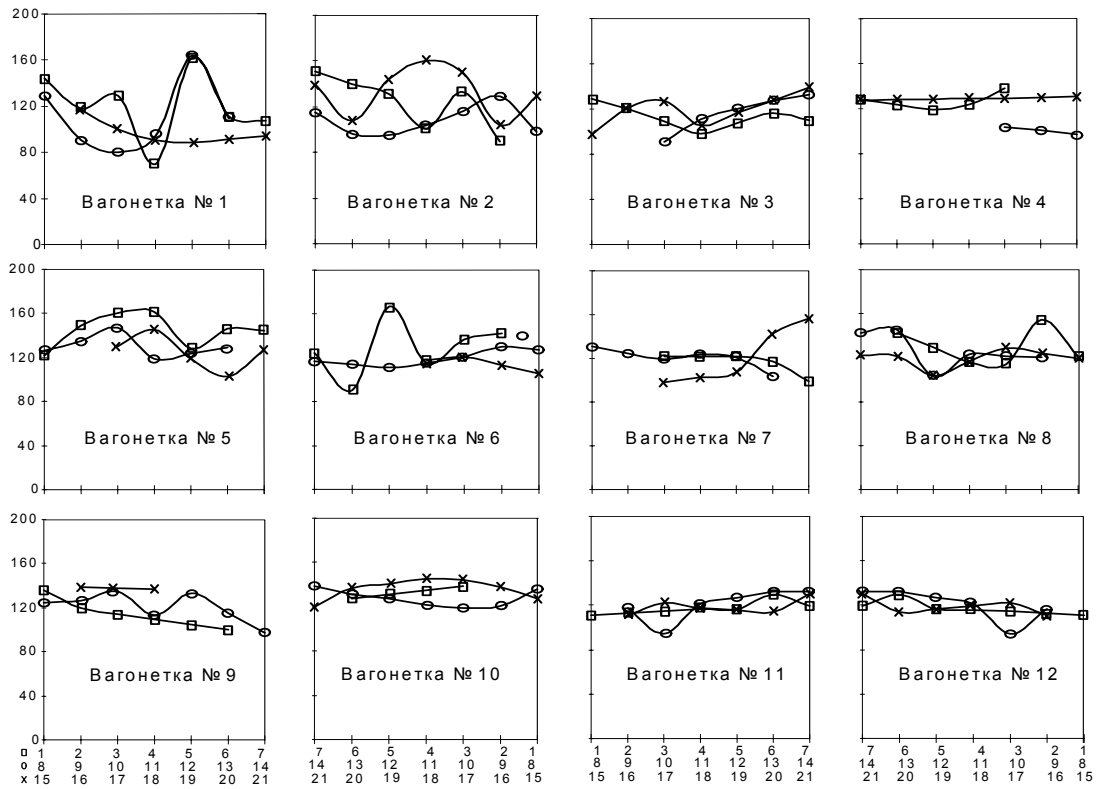


Рис. 2. Предельное сопротивление кирпичей на сжатие (в кг/см²) по ширине вагонетки (Внизу указаны номера кирпичей (см. рис. 1))

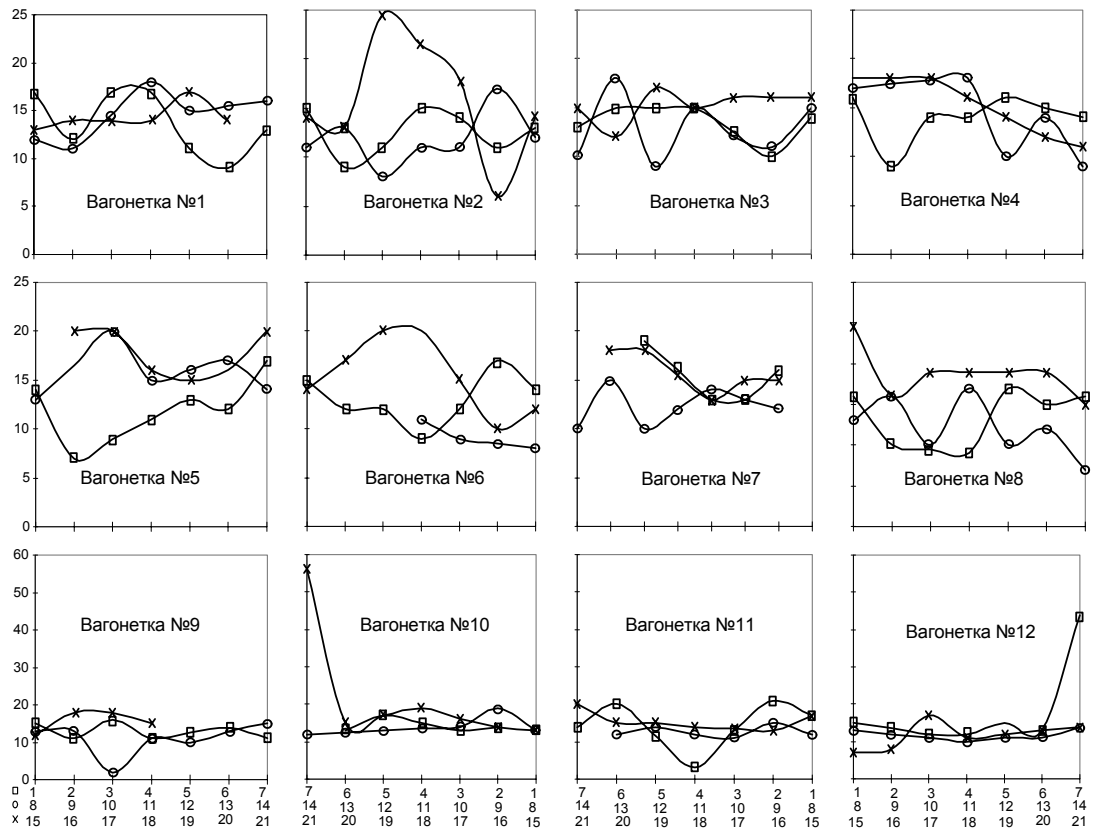


Рис. 3. Предельное сопротивление кирпичей на изгиб (в кг/см²) по ширине вагонетки (Внизу указаны номера кирпичей (см. рис. 1))

На рис. 2 и 3 показаны значения предельного сопротивления на сжатие и изгиб для кирпичей, расположенных в разных точках по ширине вагонетки. Заметим, что у некоторых керамических изделий зафиксировано аномально высокое качество - показатели прочности превышают в 3–4 раза среднее значение. Этот факт позволяет сделать вывод о возможности существенного повышения качества кирпича, очевидно, как за счет улучшения исходного состава сырья, так и за счет совершенствования режимов сушки и обжига.

Экспериментально была выявлена существенная неравномерность температуры горячего воздуха по ширине сушилок (~20°C), что составляет 35 – 40% от среднего значения температуры теплоносителя. Данный температурный перекокс приводит к отклонению механических свойств кирпича от среднего значения по ширине вагонетки ~ в 1,5 раза (см. рис. 4).

Марка кирпича в соответствии с ГОСТ 530-95 определяется по средним значениям пределов прочности при сжатии и изгибе. Так для марки кирпича 100 величина сопротивления должна быть более 100 кгс/см² при сжатии и 22 кгс/см² при изгибе. Экспериментальная партия кирпичей, изготовленных по технологии фирмы «Fuchs», не соответствует данным

требованиям, т.к. среднее значение сопротивления на сжатие у полученных изделий составляет 100 кгс/см², а сопротивления на изгиб - 12 кгс/см². Если рассматривать партию кирпича после удаления брака, то предел прочности по сжатию в среднем выше 100 кгс/см², но по прочности на изгиб требования марки 100 по-прежнему не выполняются.

Заключение

1. Разработана и апробирована методика экспериментального исследования характеристик качества кирпича (трещинообразование, сопротивление на сжатие и изгиб) в зависимости от условий сушки и обжига и состава сушильно-печного оборудования.

2. На всех этапах технологического процесса экспериментально были определены три основных параметра качества кирпича: предельное сопротивление кирпича при сжатии, предельное сопротивление кирпича при изгибе, количество трещин на гранях кирпича. Установлено, что трещинообразование происходит в сушилках (48,7% трещин) и в печах (46,7% трещин) примерно в равных объемах.

3. Экспериментально выявлено существование значительного резерва для повышения качества керамического кирпича за счёт совершенствования режимов сушки и обжига.

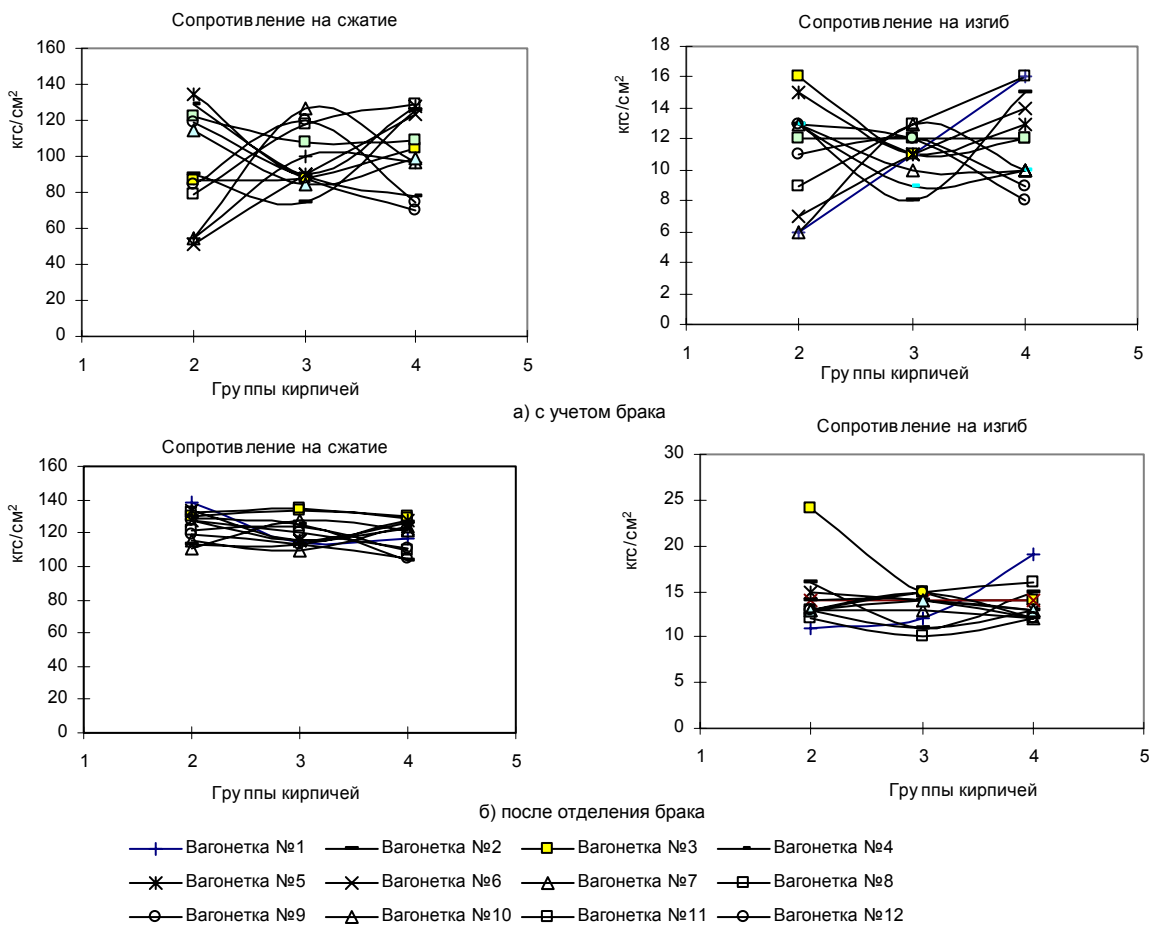


Рис. 4. Механические свойства кирпича по ширине вагонетки (2 – левый ряд, 3 – средний ряд, 4 – правый ряд)