

IV

11

МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ ЛАТВИЙСКОЙ ССР

Специализированная проектно-конструкторская организация  
по наладке технологических процессов производства и ока-  
занию технической помощи предприятиям Министерства про-  
мышленности строительных материалов Латвийской ССР +

"ОРГТЕХСТРОМ"

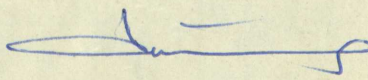
О Т Ч Е Т

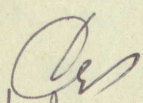
по теме 2/72 "Проведение исследовательских работ  
по применению фосфатных связующих в производстве  
строительных материалов и конструкции

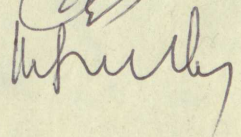
"

I. Применение фосфатных связующих в производстве  
элементов конструкции печных вагонов.

Директор /Д.Сонзлов/

Гл. инженер  /А.Лидумс/

Зав. отделом  /А.Русс/

Руководитель работ  /А.Гуревич/

Город Рига, 1972 г.



О Г Л А В Л Е Н И Е

	стр.
В в е д е н и е .....	<u>4</u>
I. Литературный обзор .....	<u>6</u>
1. Традиционные футеровочные материалы .....	<u>6</u>
2. Огнеупорные бетоны на химических вяжущих .....	<u>7</u>
3. Основные характеристики огнеупорного фосфатного бетона .....	<u>8</u>
4. Процессы твердения и спелания фосфатных бетонов .....	<u>9</u>
5. Роль фосфатных связей в огнеупорных бетонах .....	<u>10</u>
6. Плотный шпательный фосфатный бетон .....	<u>11</u>
II. М е т о д и к а .....	<u>13</u>
1. Приготовление массы .....	<u>13</u>
2. Формование .....	<u>13</u>
3. Термообработка .....	<u>15</u>
4. О б ъ ъ ъ .....	<u>15</u>
5. Физико-механические испытания .....	<u>19</u>
III. Экспериментальная часть .....	<u>21</u>
1. Характеристика сырья и составы .....	<u>21</u>
2. Подбор оптимального грансостава наполнителей .....	<u>23</u>
3. Влияние местных глин и влияние режима термообработки на механические показатели бетона .....	<u>26</u>
4. Разработка технологии, промышленные испытания и внедрение .....	<u>26</u>



	стр.
IV. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ	<u>32</u>
V. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ .....	<u>46</u>
Литература .....	<u>48</u>
Приложение .....	<u>50</u>



## ВВЕДЕНИЕ

Одним из важных направлений современного печестроения является замена существующих кирпичных футеровки тепловых агрегатов сборной их из огнеупорных блоков / 1 /.

Вагонетки туннельных печей являются самой ответственной их частью и роль вагонеточного парка для нормальной работы печи трудно переоценить /24/. Именно она образует подвижную подовую систему, от состояния которой в значительной степени зависят аэродинамические и теплотехнические параметры работы печи в целом, в т.ч. и расход топлива, и длительность обжига изделий, и качество продукции и зависимость газообмена между рабочим пространством печи и подвагонеточным каналом и т.д.

До настоящей работы не было у нас достаточно стойкого и долговечного огнеупорного материала из доступного сырья способного удовлетворительно служить в тех крайне тяжелых условиях ~~сверхбыстрого~~ обжига, в которых эксплуатируется вагонеточный парк на туннельной печи завода стройкерамики "Спартак".

Футеровочный материал для пода печных вагонеток непрерывно испытывал переменные воздействия высоких температур и всевозможные значительные механические напряжения.

В современных условиях ~~сверхбыстрого~~ обжига каждая вагонетка ежедневно делает один и более оборота, при этом скорости подъема и снижения температур не редко достигают 150°С в час.

При такой напряженной тепловой работе, порой сопряженной с термическими ударами (ударами строго пламени), наряду с поверх-



постным нагревом футеровки до температур 1200°C и более возникают дополнительно еще и значительные перепады температур по толщине материала, а следовательно футеровка находится дополнительно и в состоянии термического напряжения.

И находясь в этом объемно-напряженном состоянии футеровочный материал подвергается вдобавок еще и всевозможным механическим воздействиям и динамическим нагрузкам от ударов от проталивания до аварийных обвалов садки изделий.

Настоящей работой решалась одна из актуальнейших на сегодняшний день проблем — создание нового высокопрочного и долговечного безобжигового огнеупорного плотного материала для футеровки пода печной туннельной вагонетки. Кроме того в задачу входила конструктивная разработка самого пода вагонетки и внедрение его в производство.

Для решения этой проблемы при СПКО "Оргтехстрой" МПСМ СССР в сентябре 1971 года была создана группа по исследованию и внедрению фосфатных материалов в производство, в первую очередь материала для футеровки пода печных туннельных вагонеток. К работе была привлечена и Проблемная лаборатория фосфатных материалов ЦНИИСК<sup>а</sup> им. Кучеренко.

Настоящий отчет освещает первый этап совместной работы данной группы, который закончился успешным внедрением в производство нового безобжигового огнеупорного фосфатного бетона на заводе стройкерамики "Спартак" МПСМ СССР.



## 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Как уже ранее отмечалось, одной из важнейших проблем промышленности стальной керамики является создание нового долговечного безобжигового огнеупорного материала для футеровки подов печей туннельных вагонов. Традиционные футеровочные материалы обладают рядом недостатков, анализ которых дан ниже.

### 1. Традиционные футеровочные материалы.

Под, сложенный из огнеупорного кирпича на глинистом растворе неустойчив, его укладка трудоемка, сама глинистая связка обладает недостаточной термостойкостью и как правило после первых же оборотов выкрашивалась из-за разницы в усадочных величинах между глиной и огнеупорным кирпичем.

Практически эксплуатация таких подов требовала ~~на себя~~ ежедневный ремонт и уход, а упавшие кирпичи засоряли печь и вызвали частые остановки на чистку. Кроме того, штучная футеровка из огнеупоров в какой-то мере ограничивала возможность исполнения сложных конфигураций замков и других печных уплотнений, а сами детали оказывались, как правило, очень дорогостоящими.

Бетон на гидравлических вяжущих (портландцементе и глинозёмистом цементе) имеет недостаточную термостойкость и характеризуется фактором разупрочнения в температурном интервале  $600-1000^{\circ}\text{C}$ , что практически полностью исключает их длительную эксплуатацию в условиях, где температура обжига изделий колеблется в интервале разупрочнения  $- 260 + 1000^{\circ}\text{C}$ .



Бетоны на воздушно-твердеющих вяжущих (жидком стекле), хотя и служат несколько лучше вышеупомянутых, но так же себя как долговечные футеровочные материалы не оправдывают. Они тоже характеризуются недостаточной термостойкостью и фактором разрушения в интервале эксплуатационных температур. Кроме того во время промышленно-опытных испытаний имело место его разрушение отдельными участками, чем подтвердилась недостаточная огнеупорность самого бетона на жидком стекле.

В инструкции Госстроя /25/ сказано, что бетоны на жидком стекле с кремнефтористонариевым отвердителем и шамотом класса "А" и "Б" служат только до  $1000^{\circ}\text{C}$  и при этом остаточная прочность при  $300^{\circ}\text{C}$  составляет всего  $90 \text{ кг/см}^2$  против начальной  $150 \text{ кг/см}^2$ , а с заполнителями шамота класса "Б" шамотным брусом — температурная служба ~~еще~~ ниже — до  $900^{\circ}\text{C}$  и физико-механические показатели на 30% ниже.

## 2. Огнеупорные бетоны на химических вяжущих.

Нарезвая необходимость в новом огнеупорном материале для футеровки печных вагонов с параметрами, исключающими недостатки характерные для применявшихся ранее материалов обусловлено ~~на~~ интерес и химическим вяжущим.

В данном обзоре, рядом с основными теоретическими положениями, обобщены данные о плотном шамотном фосфатном бетоне, т.е. материале использованном нами для футеровки пода печных туннельных вагонов.

Огнеупорные бетоны на фосфатных связках изучены недостаточно. Исключительное значение фосфатных вяжущих привело к



тому, что этими вопросами занимаются многие: Кинжери и его школа в США, Форе во Франции, группа исследователей в Чехословакии, школа акад. И.В. Таланова в АН СССР, Проблемная лаборатория фосфатных материалов ЦНИИСК<sup>а</sup> им. Кучеренко в Москве, а также группы исследователей в Ленинграде, Свердловске и Риге.

Наряду с этим следует отметить, что обобщенные данные, кроме двух небольших по объему работ [2,3], в литературе полностью отсутствуют.

### 3. Основные характеристики огнеупорного фосфатного бетона.

По мнению большинства авторов, к огнеупорным бетонам относятся материалы, имеющие огнеупорность не менее 1530°C [1,2]. Они должны удовлетворять следующим требованиям: обеспечивать твердение при низких температурах, не давать разупрочнения при средних температурах и обеспечивать спадение с максимальным постоянством объема во всем интервале высоких температур. Одним из основных показателей качества огнеупорного бетона является его механическая прочность, характеризуемая пределом прочности при сжатии  $\sigma_{сж}$ .

$\sigma_{сж}$  бетона при нагревании зависит от температуры T:

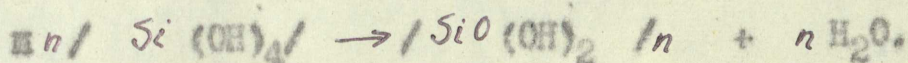
$$\sigma_{сж} = f(T)$$

Для бетонов используемых для футеровки печных туннельных вагонок важным показателем является и термостойкость. Термостойкость материала характеризуется числом воздушных или водных теплосмен, которые может выдержать бетон без существенных разрушений.



#### 4. Процессы твердения и спекания фосфатных бетонов

Процесс твердения бетонов, в соответствии с классификацией Д.Ф. Уайганга /4/, может быть обусловлен химическим <sup>взаимо</sup>действием компонентов, перекристаллизацией химических соединений или гидратацией компонентов. Для огнеупорных бетонов на фосфатной связке должно преобладать химическое или перекристаллизационное твердение /2/:



Оптимальная скорость твердения бетона определяется рациональным соотношением скоростей двух процессов: химического <sup>взаимо</sup>действия связки с заполнителями и структурообразования. Эти процессы должны протекать достаточно медленно, чтобы обеспечить равномерное перемешивание массы и укладку ее в формы. Скорость <sup>взаимо</sup>действия связки с заполнителями зависит в первую очередь от кислотности связки и основности заполнителей. По данным Кинжери /5/ ортофосфорная кислота образует прочные связи только со слабосолевыми соединениями. Важной стороной процесса твердения фосфатных бетонов является установление определенных кристаллохимических свойств.

В процессе спекания огнеупорных бетонов должна образовываться необходимая для конкретных условий эксплуатации <sup>кзнос</sup> устойчивая структура и быть достигнуто максимальное постоянство объема и высокая механическая прочность. Для повышения постоянства объема ряд авторов /6,7,8/ рекомендуют вводить в состав



бетона крупнозернистые добавки, добиваясь таким образом т.н. "керамическое армирование" (Следует отметить, что такой путь решения проблемы приводит к обратному - к снижению термостойкости материала.

### 5. Роль фосфатных связей в огнеупорных бетонах

Основная цель применения фосфатных связей - исключить процесс обжига огнеупорных материалов, обеспечить получение высоких свойств бетона до температур их спекания /2/. Правильный подбор фосфатной связи способствует переходу химической связи в керамическую при средних температурах, препятствуя разупрочнению бетона при  $300^{\circ} - 1000^{\circ}\text{C}$ .

При сушке огнеупорных бетонов фосфатные связи полимеризуются, а также поликонденсируются в результате удаления гигроскопической воды и образуют новые химические соединения с огнеупорными материалами. С дальнейшим повышением температуры процесс образования новых химических соединений интенсифицируется; при температуре выше  $300^{\circ}\text{C}$  из огнеупорных бетонов начинают выделяться окислы фосфора /2/.

В качестве фосфатных связей в огнеупорных бетонах обычно используют ортофосфорную кислоту или ортофосфаты различной степени замещения.

Обычно используют те ортофосфаты, катионы которых образуют окислы с высокой температурой плавления :

Особое место в технологии огнеупоров занимает алюмофосфатная связь взаимодействующая с алюмосиликатными наполнителями



/9,10,11/.

Для получения связки с меньшей кислотностью используют окислы хрома и магния. Самой устойчивой при хранении является алуминофосфатная связка (АХФС). Она же обладает и наименьшей кислотностью  $\rho^H = 1 + 3$  /12,13/

### 6. Плотный шамотный фосфатный бетон

Для изготовления шамотных бетонов используют шамот-песок из различных глин, каолин, глины, технический глинозем, а в качестве связки ортофосфорную кислоту и алуминофосфатные связки /14/. Шамотный бетон на ортофосфорной кислоте не твердеет после сушки на воздухе, даже после термообработки при  $300^\circ$  он имеет низкую прочность, при  $800-1000^\circ$  такой бетон разупрочняется /15,16/. Введение в шамотные массы огнеупорной глины резко улучшает качество бетона, повышает прочностные характеристики, плотность и уменьшает усадку. Средний коэффициент теплопроводности шамотных бетонов составляет 1,2-1,5 ккал/м.ч. град. /2/. Данные о шамотных бетонах на АХФС в литературе найти не удалось. Известны шамотные массы для ремонта кладки промышленных печей /17/.

Много работ посвящено сохранению постоянства объема шамотного бетона при высоких температурах /18,19/.

В производстве шамотного бетона обычно используют дорогую техническую ортофосфорную кислоту. Затраты на ортофосфорную кислоту составляют 30-50% от стоимости блоков. В последние годы много внимания уделяют возможности замены технической кислоты более дешевой экстракционной ортофосфорной кислотой /20/. Блоки из плотного шамотного фосфатного бетона в основном используются в металлургической промышленности при температурах



12

1300-1450<sup>0</sup>С, где основным показателем является огнеупорность материала /21,22/. Для футеровки пода печных туннельных вагонок ~~состоящая~~ облицовка кирпича шамотный бетон кроме огнеупорности 1200<sup>0</sup>-1350<sup>0</sup> должен иметь и достаточно большую термостойкость (не менее 100 воздушных теплосмен 1100<sup>0</sup>-20<sup>0</sup>).

Данных об использовании шамотного фосфатного бетона для футеровки пода печных туннельных вагонок, кроме одной работы в ОГТ /23/, в литературе обнаружить не удалось.



## П. М Е Т О Д И К А

### 1. Приготовление массы

Для исследований использовалось поставляемое промышленностью сырье. Для лабораторных опытов шихтовый песок пропускался через сито №/125. Дозировка компонентов применялась массовая на технических весах до 2 кг в лабораторных исследованиях<sup>и</sup> до 100 кг в промышленных условиях. Для приготовления лабораторных образцов масса перемешивалась вручную, степень перемешивания определялась визуально. На заводе массу готовили в смесителе принудительного действия в течение 3-5 мин.

### 2. Ф о р м о в а н и е

Серийные испытания в лаборатории проводились с образцами-баллочными размерами 4х4х16 см. Формование проводилось ручным трамбованием и виброуплотнением с пригрузом. Время вибрирования колебалось от 1 до 3 минут. Максимальное удельное давление при вибрировании с пригрузом - 130 Г/см<sup>2</sup>.

Схема конструкции лабораторного виброустройства с пригрузом показана на рис. 1

В отдельных случаях изготовлялись и образцы-кубы размерами 10х10х10 см, а для специальных определений, нап-р: КТР, огнеупорность, деформация под нагрузкой и т.д. были изготовлены образцы специальных форм и размеров.

На заводе формовались блоки размерами 4х4х15 см и 4х5х10 см. Формование проводилось вибротрамбованием (специально приспособленным ударным молотком) и виброуплотнением с пригрузом на виброплощадке.



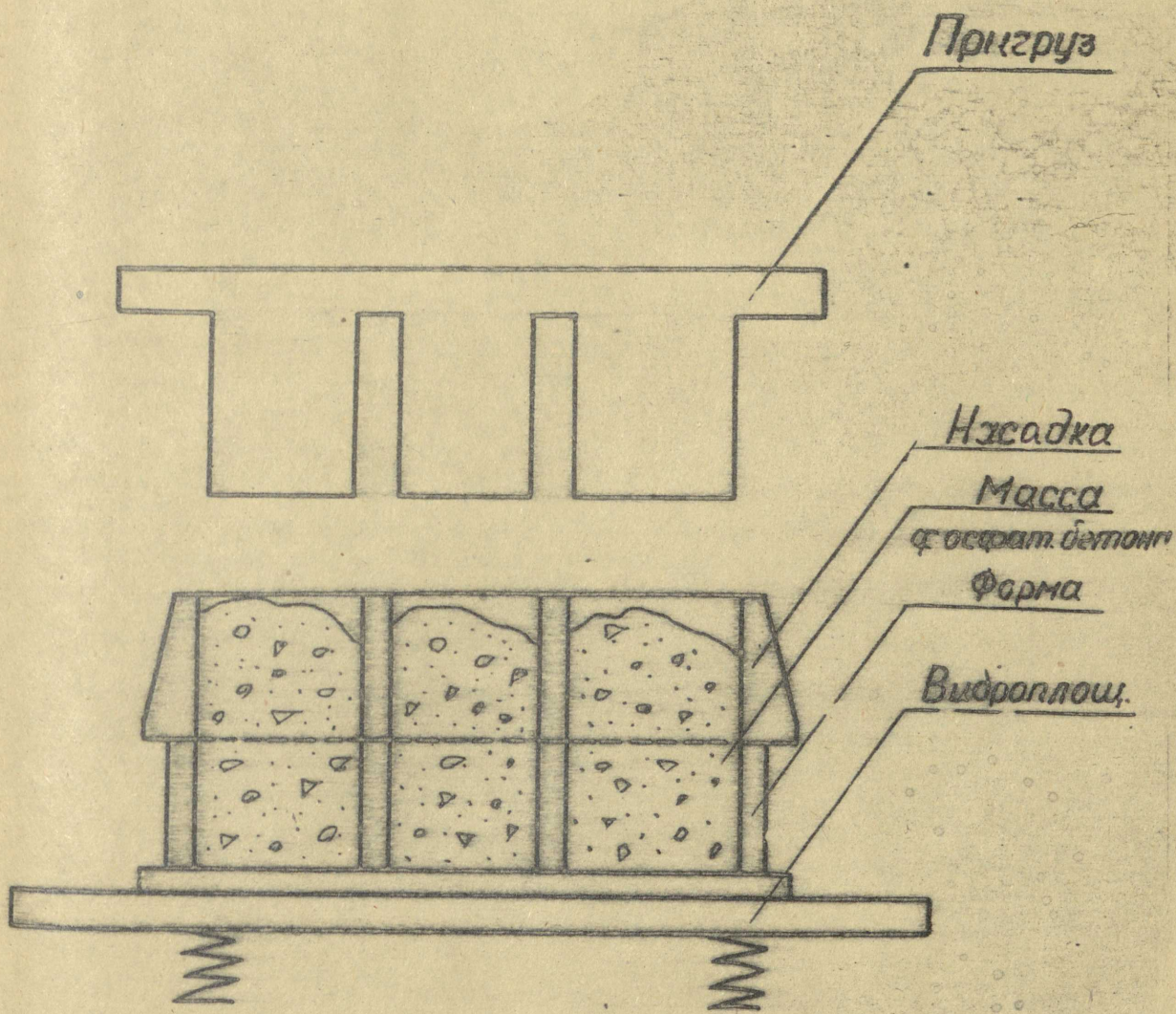


Рис. 1.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА  
ЛАБОРАТОРНОЙ ВИБРОУСТАНОВКИ  
С ПРИГРУЗОМ.



### 3. Термообработка

Термообработка всех лабораторных образцов велась при двух температурных режимах 150° и 300°С.

В ходе работы менялась длительность термообработки от 6 часов до 48 часов.

Температурные кривые термообработки показаны на рис. 2.

Термообработку до 150°С проводили вместе с формовой формой, а термообработку при 300°С проводили как в металлических формах, так и без них. Распалубку в последнем случае вели после термообработки при 150°С.

Термообработку бетонных блоков на АХБС в промышленных условиях проводили вместе с формами в туннельной сушилке для кирпича при температуре 120°С в течение 16 часов, затем следовала распалубка форм и блоки просушивались при той же температуре еще 24 часа.

Блоки фосфатного бетона на фосфорной кислоте в первые 16 часов обрабатывались аналогично, а после распалубки подвергались термообработке в специальной камерной сушилке при 300°. Температурная кривая работы камерной сушилки показана на рис. 3.

### 4. О б ж и г

Обжиг лабораторных образцов проводился в муфельной и электрической силитовой печи при температуре 1100°С. Для определения термостойкости использовалась туннельная многоцелевая печь, в которой образцы неоднократно обжигались. Температурные кривые работы печей показаны на рис. 4.



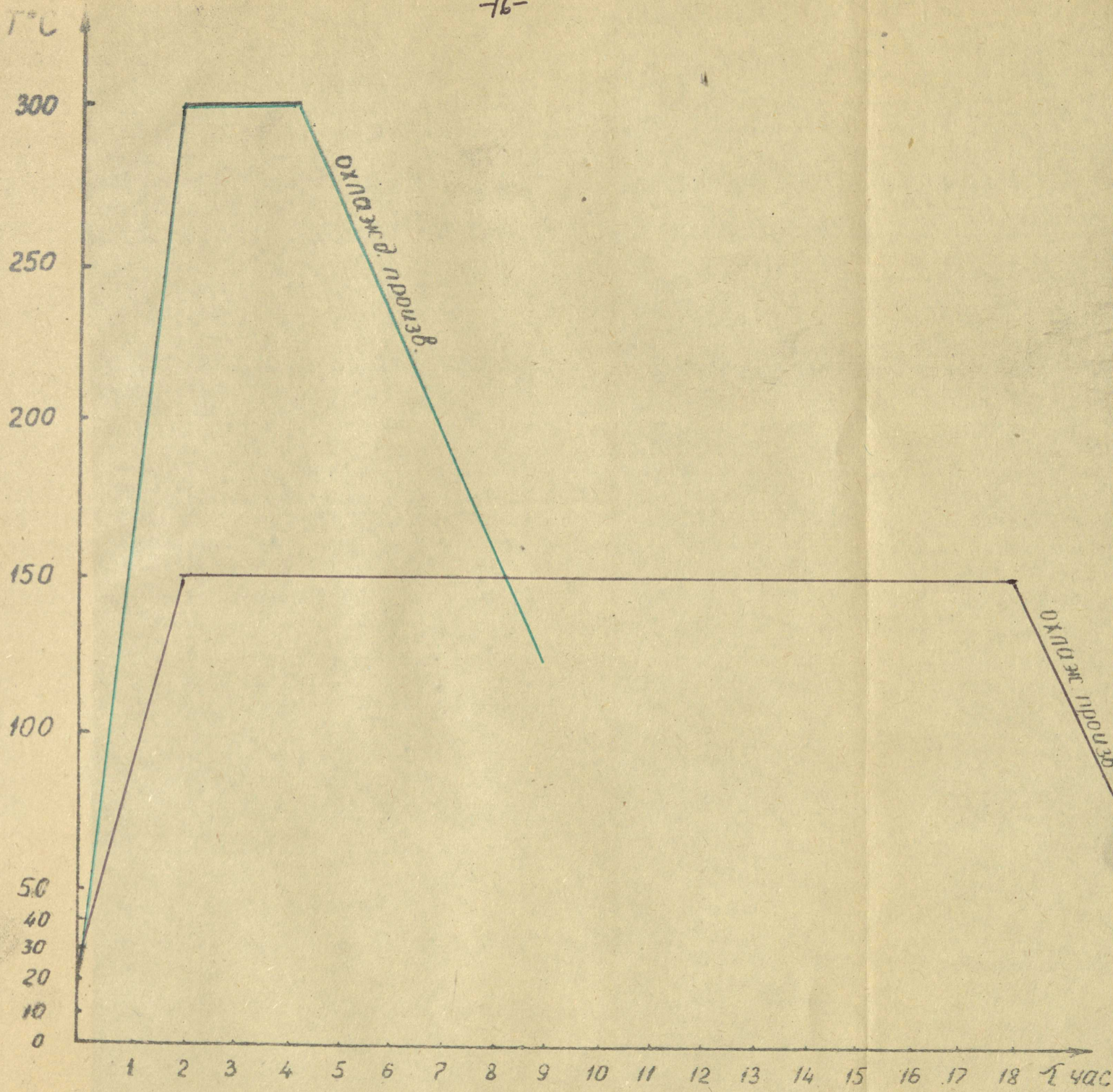


РИС.2

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ КРИВЫЕ ТЕРМООБРАБОТКИ  
ЛАБОРАТОРНЫХ ОБРАЗЦОВ.

- термообработка при 300°C.
- термообработки при 150°C.



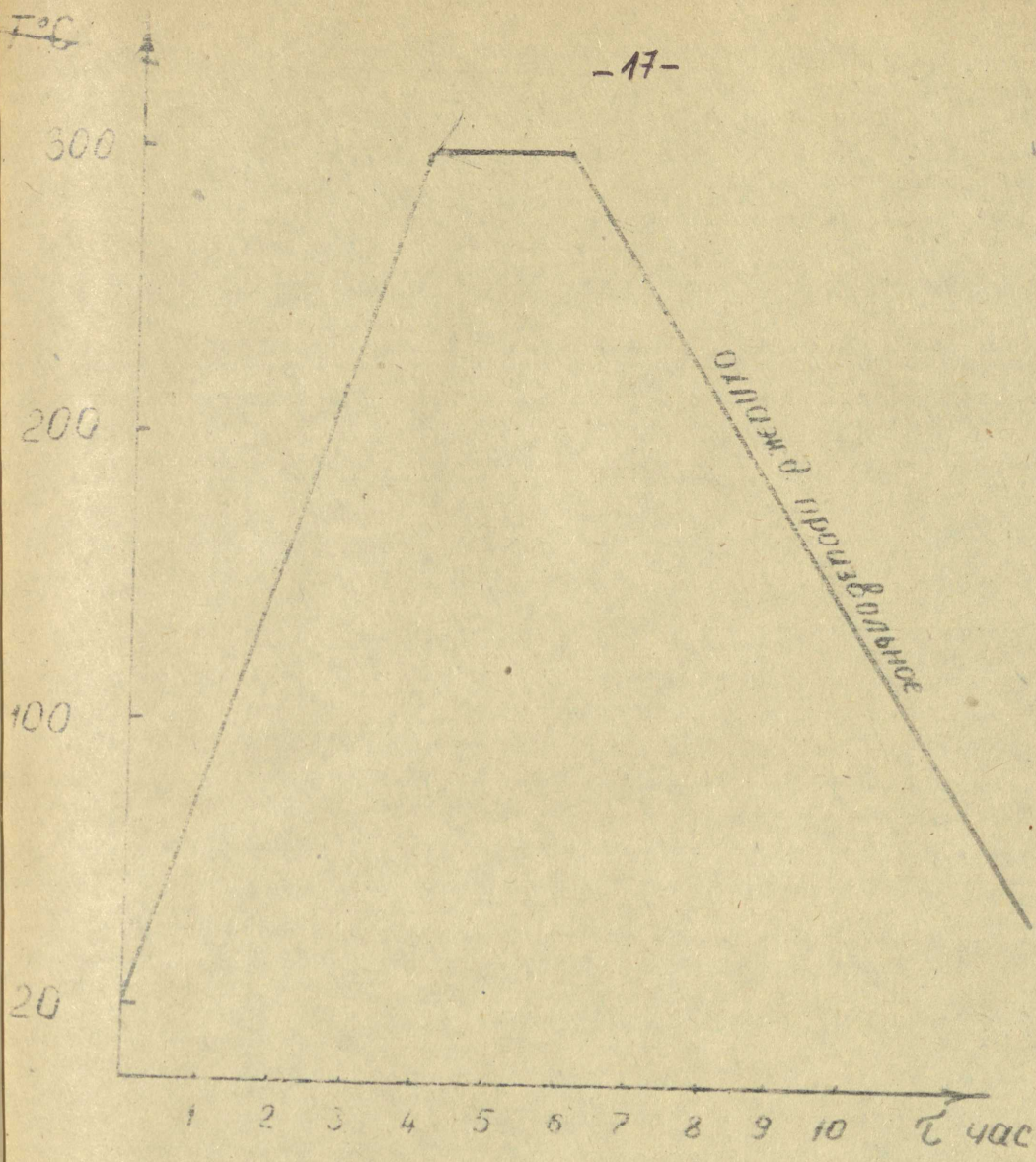


РИС. 3.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ КРИВАЯ  
РАБОТЫ КАМЕРНОЙ СУШИЛКИ.



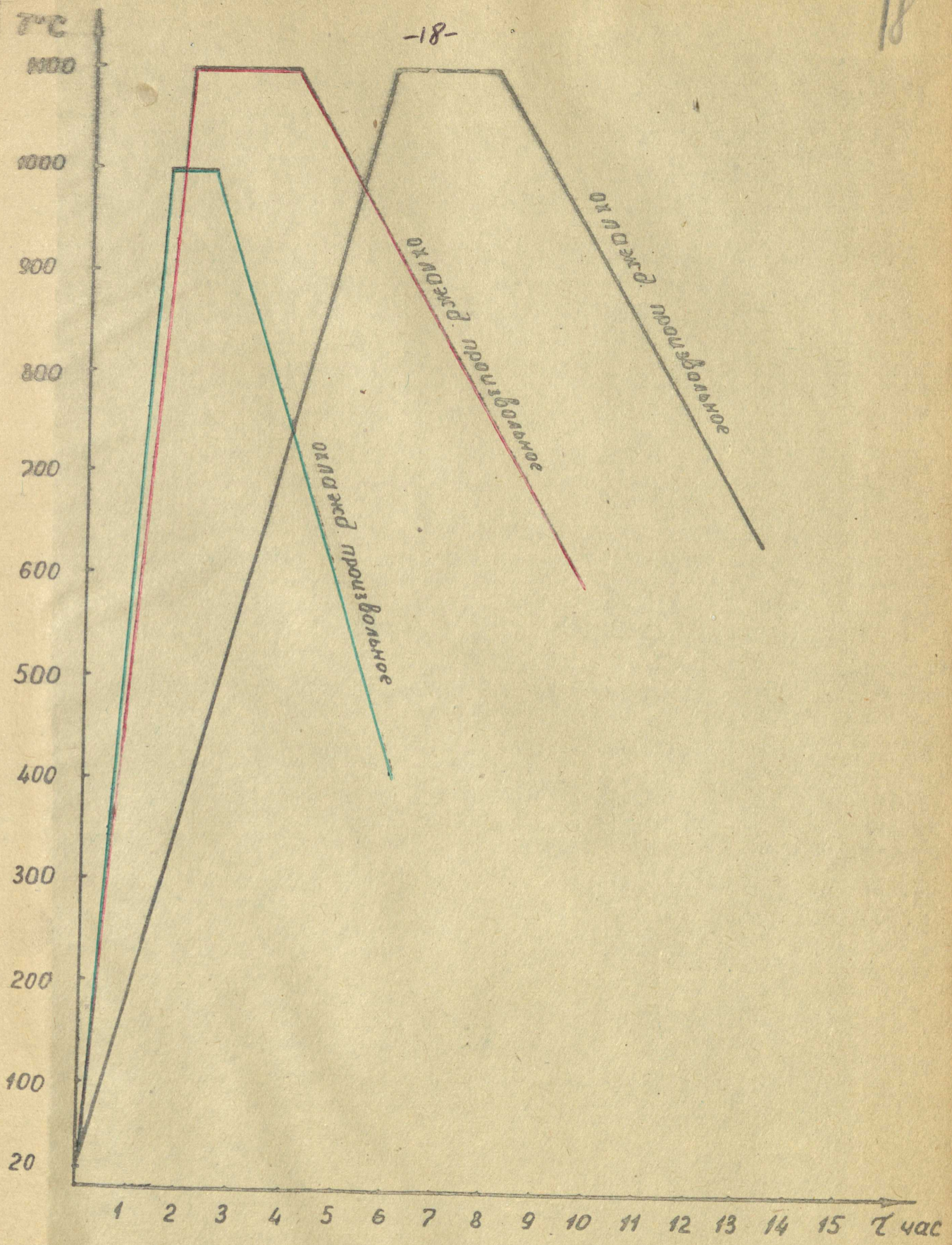


Рис. 4.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ КРИВЫЕ  
ОБЖИГА ЛАБОРАТОРНЫХ ОБРАЗЦОВ.

— в туннельной печи — в силитовой печи — в муфеле



Заводские образцы прошли промышленные испытания на туннельной печи цеха "Спартак" завода стройкерамики "Спартак".  
Материал служил при эксплуатационных температурах обжига в качестве ~~подкладки~~<sup>подины</sup> из блоков ~~печи~~ печной туннельной вагонетки. Температурная кривая туннельной печи цеха "Спартак" показана на рис. 5

### Физико-механические испытания

На лабораторных образцах определялись термостойкость фосфатного бетона, сопротивление его на изгиб и сжатие.

#### Предел прочности на изгиб

Предел прочности на изгиб определялся на аппарате Михаелиса со специальным приспособлением, результаты вычислялись по следующей формуле:

$$\sigma_{изг} = \frac{3 R \ell}{2 b h^2} \quad \text{где}$$

$\sigma_{изг}$  - сопротивление на изгиб кг/см<sup>2</sup>

$R$  - вес нагрузки в момент излома образца в кг

$\ell$  - расстояние между опорными призмами в см

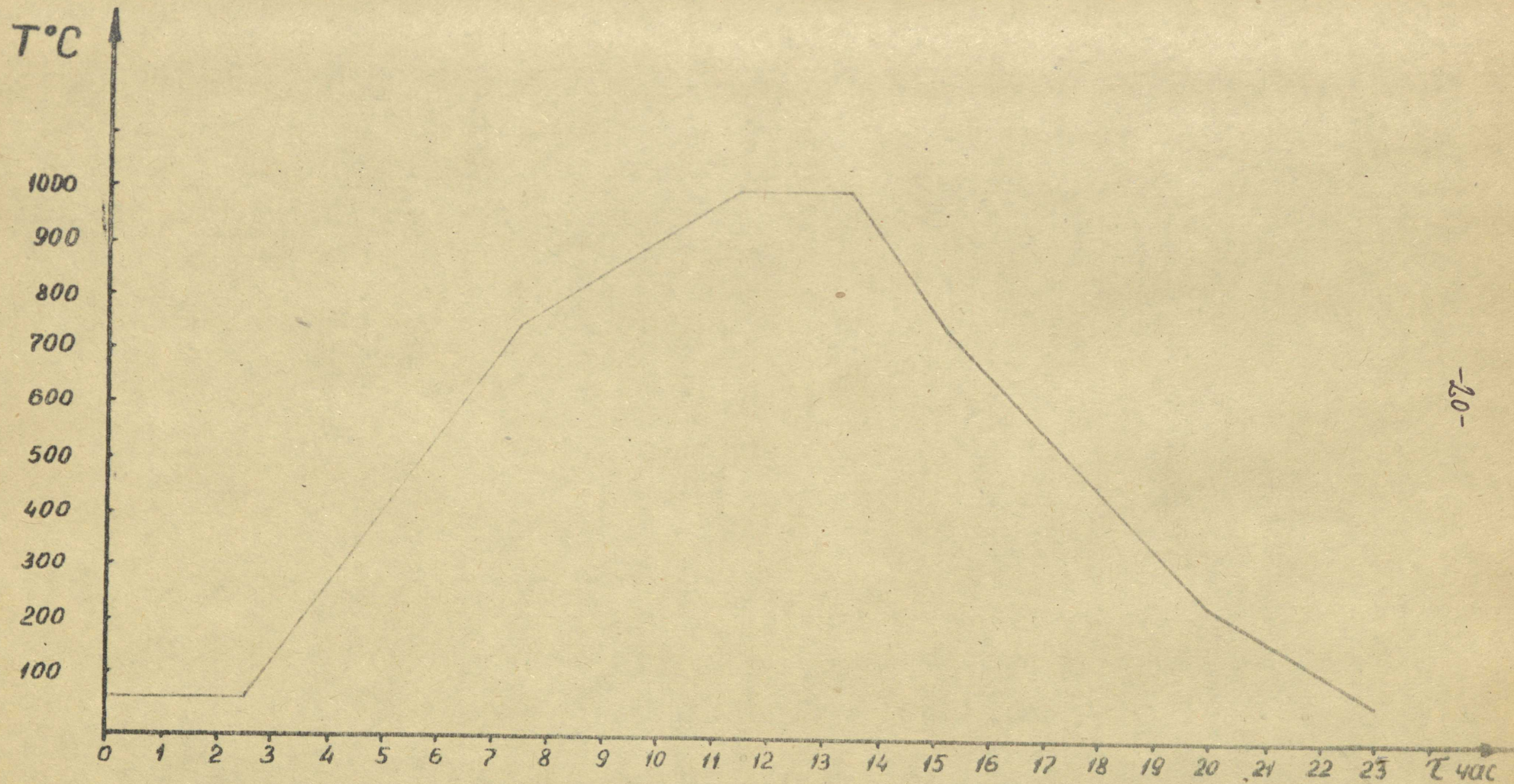
$b$  - ширина испытываемого образца в см

$h$  - толщина испытываемого образца в см.

#### Предел прочности на сжатие

Предел прочности на сжатие ( $\sigma_{сж}$ ) определялся на 10-тонном прессе марки ИСУ-10. Площадь рабочей пластинки составляла 25 см<sup>2</sup>, результаты вычислялись по формуле:





-20-

РИС. 5

ТЕМПЕРАТУРНАЯ КРИВАЯ РАБОТЫ ТУННЕЛЬНОЙ ПЕЧИ ЦЕХА „СПАРТА“



$\sigma_{сж} = \frac{P}{F}$

$\sigma_{сж}$  - сопротивление на сжатие кг/см<sup>2</sup>

P - нагрузка пресса в момент разрушения образца в кг

F - площадь испытуемого образца в см<sup>2</sup>.

Термостойкость

Термостойкость определялась многократным проталкиванием образца 2x4x16 см через туннельную многоцелевую печь. Степень разрушения определялась визуально и при испытании на изгиб и сопротивление на сжатие после 1, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 150 и 200 циклов.

Теплопроводность

Теплопроводность ( $\lambda$ ) определялась по действующей методике ЦНИИСК<sup>6</sup> им Кучеренко, г.р. Москва /25/.

*В зависимости от состава и технологии изготовления фосфатного бетона,  $\lambda$  составляет 0,35 - 0,45 ккал/м.сек.град*

III. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

I. Характеристика сырья и составы

В исследованиях использовался промышленный шпат-песок классов "А", "Б" и "В" крупностью до 1,5 мм, диаметры, нашин обогатенный мелотий, сухая молотая огнеупорная глина (засев-арская, Латненская), и гидроксид алюминия, технический и фосфатные связующие.

Было изготовлено и исследовано более 150 составов фосфатного огнеупорного безобжигового бетона, в которых менялось процентное содержание компонентов, их гранулометрический состав и виды и концентрации вакуумки.



22

В задачу входило получение составов твердеющих при термообработке, не превышающей  $300^{\circ}\text{C}$  и приобретающие транспортабельную прочность ( $\sigma$  см) не менее  $150 \text{ кг/см}^2$ .

Аэрированность шпательного заполнителя исследовалась в интервалах 50-95%.

Исследовалось также влияние разных глинистых добавок на прочность и термостойкость получаемого материала.

Как видно из таблицы 1, введение 20-30% огнеупорной глины резко повышает механическую прочность бетона, однако глинистые добавки дают в интервале эксплуатационных температур дополнительные усадки, что ведет к нарушению постоянства структуры и появлению микротрещин.

Оптимальные результаты достигнуты при комбинации огнеупорной глины с каолином и использованием в качестве вяжущего 75% термической ортофосфорной кислоты или 52% упаренной экстракционной ортофосфорной кислоты.

В качестве вяжущих применялись как термическая, так и упаренная экстракционная ортофосфорная кислота, алюмохромфосфатное связующее и алюмофосфатное связующее.

В работе над связующими исследован и разработан прогрессивный ускоренный синтез АХЭС о чем материал направлен в Комитет по изобретениям при Совете Министров СССР для получения авторского свидетельства /приоритет № 1818661/29-33 от 8 августа 1972г.).

В настоящее время по результатам исследовательской работы смонтирована промышленная установка с реактором на 150 литров на заводе стройкерамики "Спартак" цех "Спартак" и ускоренный



синтез внедрен <sup>в</sup> производства (Акт внедрения прилагается).

Составы наиболее перспективных ламонных бетонов приведены в таблице 2.

2. Подбор оптимального грансостава наполнителей

Особое влияние на механические и термические показатели фосфатного бетона оказывает гранулометрический состав шамота и глинистых добавок.

Влияние грансостава наполнителей исследовалось на механические и термические характеристики материала. Как правило увеличение грансостава вело к улучшению сушки и некоторому снижению термостойкости. Во всех опытах использовался шамот класса "Б". Результаты обобщены в таблице 3.

Работой выявлено, что особое влияние на качество бетона оказывает определенная дозировка фракции > 0,088 мм.

Важным условием является получение качественного исходного материала и сырья.

В промышленных исследованиях использовался шамотный песок следующего грансостава:

1,5 - 1,25 мм	- 11,3 %
1,25-0,63 мм	- 37,9 %
0,63-0,315мм	- 34,1 %
0,315-0,14 мм	- 13,7 %
> 0,14 мм	- 3 %.

Допустимая влажность компонентов не должна превышать 1 %.



Таблица I

Влияние количества огнеупорной глины на механические и термические показатели шамотного фосфатного бетона на иностранной фосфорной кислоте.

Кол-во огнеупорной глины в вес. %	σ <sub>отс</sub> После термознака 300 кг/см <sup>2</sup>	σ <sub>отс</sub> после обжига 1100° кг/см <sup>2</sup>	Термостойкость количество воздушных теплотмен 20° (1100°С до потери веса 20%)
0	20	25	1
5	38	30	5
10	120	125	11
15	145	160	50
20	220	240	170
25	230	240	170
30	240	240	150

Таблица 3

Влияние дозировки фракции < 0,038мм шамотного наполнителя на механические и термические характеристики фосфатного бетона  
Ф - 110

Дозировка фракции < 0,038мм в вес. %	σ <sub>отс</sub> после обжига 1100°С кг/см <sup>2</sup>	Термостойкость Кол-во воздушных теплотмен 20°/1100°С до потери веса 20%
5	225	122
10	280	164
20	310	181
30	330	более 200



Таблица 2

Процентуальный состав наиболее перспективных  
каменных бетонов

№ Шифр	Шамот	Глина огне- упор- ная	Каслин	$Al(OH)_3$	$H_3PO_4$	АКЭС сверх 100%	$H_2O$ сверх 100%
Ф-4	70	30	-	-	-	10	10
Ф-4I	68	30	-	5	-	10	10
ФН-3	70	30	-	-	10 сверх 100%	-	-
Ф-100	55	5	20	-	20	-	-
Ф-110	63	7	14	-	16	-	-



### 3. Влияние местных глин и влияние режима термообработки на механические показатели бетона.

В экспериментальных работах использовались высушенные часо-арская, Веселовская и Лотненская глины того же помзла. Исследовались также влияния на физико-механические характеристики бетона замена огнеупорных глин местными легкоплавкими и тугоплавкими глинами. Опыты показали, что замена огнеупорной глины в составе бетона спартановской легкоплавкой глиной ведет к резкому падению механической прочности бетона, как после сушки, так и после обжига. Опыты с серой лодской глиной показали, что ее замена мало влияет на механические и термические показатели бетона и вопрос о ее использовании следует доработать и изучить. Влияние местных глин на механические характеристики фосфатных бетонов на АХС и фосфорной кислоте приведены в таблице 4.

Исследовалось также влияние режима термообработки на качество бетона. Проверялись несколько режимов как на длительность так и на температуру термообработки. Выявлено, что оптимальными являются режимы, данные на рис. 1. Влияние режима термообработки на механические показатели бетона приведены в таблице 5.

### 4. Разработка технологии, промышленные испытания и внедрение.

1. Одновременно с научно-исследовательской работой, разрабатывался и макетировался промышленный вариант технологии изготовления огнеупорных бетонных блоков на фосфатных вяжущих и конструктивная разработка печи печной загрузки. (Рис.6).



Таблица 4

Влияние местных легкотопливных и тугоплавких глин на механические характеристики шамотного фосфатного бетона.

Состав	σ <sub>сж</sub> (кГ/см <sup>2</sup> )					
	С огнеупорной глиной		С спартановской глиной		С лодской серой глиной	
	после 150°C	после 1100°C	после 150°C	после 1100°C	после 150°C	после 1100°C
Ф-41	90	107	43	70	-	-
Ф-110	300	315	213	188	294	296

Таблица 5

Влияние термообработки на механические показатели шамотного фосфатного бетона

№ пп	Состав	σ <sub>сж</sub> 150°C	σ <sub>сж</sub> 300°C	σ <sub>сж</sub> 1100°C	σ <sub>сж</sub> 300°C / 1100°C
		кГ/см <sup>2</sup>	кГ/см <sup>2</sup>	кГ/см <sup>2</sup>	кГ/см <sup>2</sup>
1	Ф-41	90	100	107	112
2	Ф-100	220	227	310	317
3	Ф-110-Т	300	305	315	320
4	Ф-110-Ф	310	315	330	350



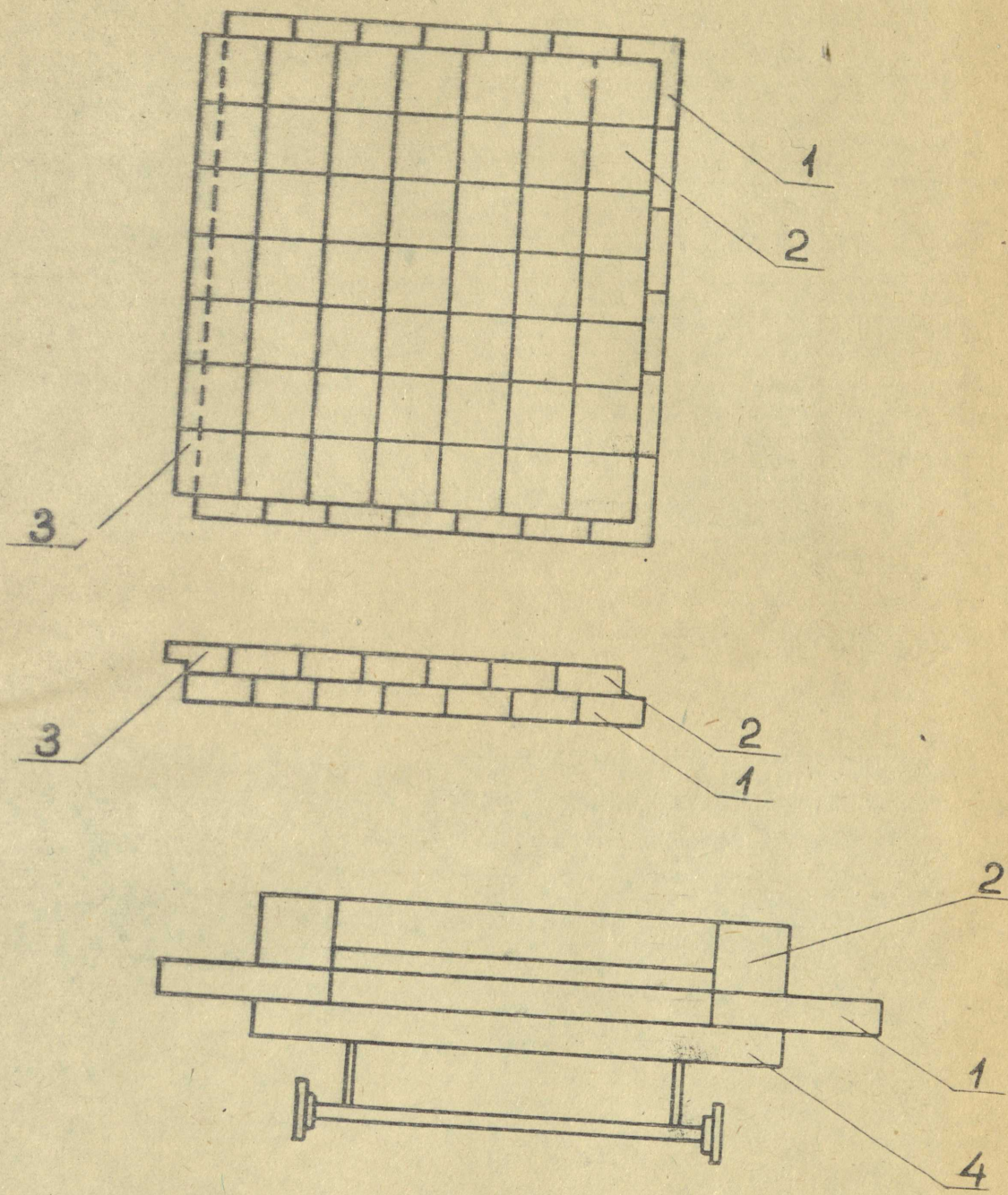


РИС. 6

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ БЛОКОВ НА ПОДЕ ПЕЧНОЙ ТУННЕЛЬНОЙ ВАГОНЕТКИ.

- 1 - габариты блока 410×510×100 мм
- 2 - габариты блока 410×410×150 мм
- 3 - габариты фигурного блока замка 410×410×150 мм
- 4 - изоляционный слой



Параллельно велись и полупромышленные испытания на за-  
воде стройкерамики "Спартак".

*две* В результате работы над промышленным вариантом разработаны  
три технологии изготовления огнеупорных блоков на фосфатном  
связующем- виброштампованием, виброуплотнение <sup>и</sup> с пригрузом. ~~и~~  
~~прессованием~~. *Технология прессования изделий разработана.*

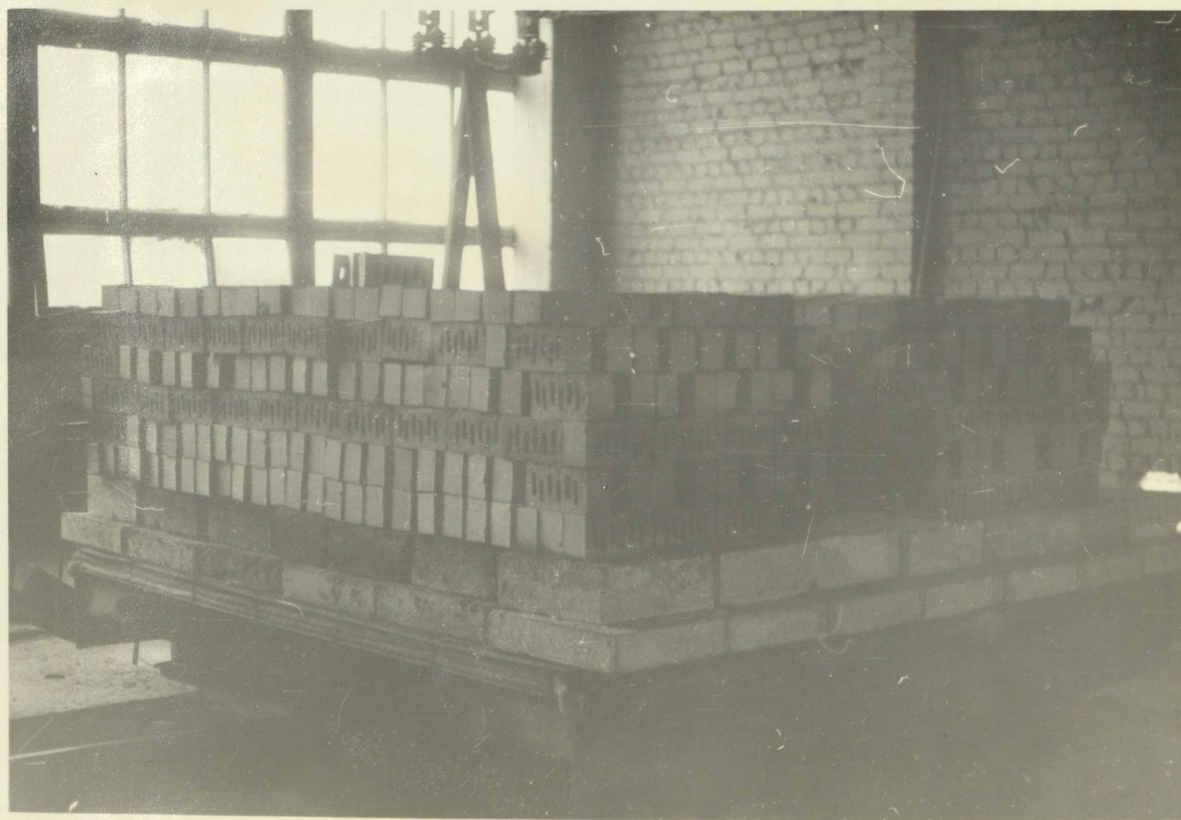
Все они характеризуются надежностью и простотой, тяжелые  
элементы ручного труда в них механизированы, разработана и  
инструкция по технике безопасности и данной технологии.

Разработанные технологические регламенты, инструкции и акты  
о внедрении материала в производство прилагаются.





Вагонетка туннельной печи зафутерованная  
блоками фосфатного бетона Ф-4I перед  
входом в печь.



Вагонетка туннельной печи зафутерованная  
блоками фосфатного бетона Ф-110 после  
выхода из печи.





Футеровка пола печной туннельной вагонетки  
из блоков фосфатного бетона Ф-41, склеянных  
фосфатным клеем на АХЭС.



Блоки фосфатного бетона Ф-100. В переднем  
плане фигурный блок для замкового уплотнения



IV. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ

ГОДОВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА, ОБУСЛОВЛЕННОГО ВНЕДРЕНИЕМ  
ОГНЕУПОРНЫХ БЛОКОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ФОСФАТНОМ СВЯЗУЮЩЕМ.

Раньше при скоростном обжиге глиняного кирпича на заводе строительной керамики "Спартак" для футеровки печных вагонов использовался карупорный бетон, приготовленный на глиноземистом цементе. Так как этот вид футеровки прогрессивнее и экономичнее широко применяющейся футеровки из штучных шамотных материалов, то он принимается за исходный уровень. Разработанная футеровка осуществляется из элементов (блоков), изготовленных с применением фосфатного связующего.

Расчет производится по изменяющимся элементам себестоимости кирпича по следующей формуле:

$$\Delta = [(C_1 + EK_1) - (C_2 + EK_2)] \cdot A_n \quad (1),$$

где  $\Delta$  - годовой экономический эффект в рублях;

$C_1$  - себестоимость 1000 шт условного кирпича по изменяющимся элементам себестоимости, при футеровке вагонов карупорным бетоном, в рубл;

$C_2$  - то же, но при футеровке блоками, изготовленными на фосфатном связующем, в рубл;

$K_1$  - капитальные вложения, связанные с организацией участка по приготовлению карупорных бетонов, отнесенные к годовому объему производства кирпича, в руб.;

$K_2$  - Капитальные вложения, связанные с организацией участка по изготовлению блоков на фосфатном связующем, отнесенных к годовому объему производства кирпича, в рубл.

$E$  - нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений - 0,15,



$A_n$  - годовой объем производства кирпича, предусмотренный планом на 1973 год - 21,5 млн. усл. шт.

I. Изменение себестоимости кирпича

А. Затраты на материалы для ремонта вагонеток

Сталь конструкционная

а/ вагонетка с жароупорным бетоном

$$59 \times 0,522 \times 102 = 3141,6 \text{ руб}$$

б/ вагонетки с фосфатными блоками

$$59 \times 0,209 \times 102 = 1257,6 \text{ руб}$$

где 59 шт - количество вагонеток, 102 руб - стоимость 1 тонны стали,

0,522т и 0,209 т - расход стали на ремонт 1 вагонетки соответственно.

Стальное литье

а/вагонетки с жароупорным бетоном

$$59 \times 0,261 \times 350 = 5390 \text{ руб}$$

б/ вагонетки с фосфатными блоками

$$59 \times 0,104 \times 350 = 2147,6 \text{ руб}$$

где 59 шт - количество вагонеток; 350 руб - стоимость 1 т стального литья;

0,261 т и 0,104 т - расход литья на ремонт 1 вагонетки соответственно.



ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

а/ жароупорные бетонные плиты  
2808,4 x (106x0,6) = 178614,2 руб

б/ блоки на фосфатном связующем  
280,8 x 216 = 60653 руб

где - 2808,4 м³ и 2808,8 м³ - годовой расход огнеупорных материалов ( см. вспомогательный расчет № 2);

106 руб - стоимость 1 м³ жароупорных бетонных плит в условиях экспериментального производства;

0,6 - коэффициент, учитывающий условия промышленного производства огнеупоров из жаростойких бетонов;

216 руб - стоимость 1 м³ блоков, изготовленных на фосфатном связующем.

Б. ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА РАБОЧИХ

1. Заработная плата рабочих, ремонтирующих металлическую часть вагонеток (основная и дополнительная)

а/ вагонетки с жароупорным бетоном  
59x60,4x0,649 x 1,08 = 2497,8 руб

б/ вагонетки с фосфатными блоками  
59 x 24,2 x 0,649 x 1,08 = 1000,8 руб

где - 59 шт - количество вагонеток;

60,4 чел(час и 24,2 чел/час - трудоемкость ремонта и ухода за вагонеткой соответственно.

0,649 - тарифная ставка рабочих - сдельщиков У разряда.

1,08 - коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату в размере 8%.



2. Заработная плата рабочих - футеровщиков вагонеток.

а/ вагонетки с жароупорным бетоном  
8 x 137 x 12 x 1,08 = 14204,2 руб.

б/ вагонетки с фосфатными блоками  
4x137x12x1,08 = 7102,1 руб.

где - 8 чел и 4 чел - число футеровщиков

137 руб - средняя месячная зарплата рабочих футеровщиков вагонеток на заводе "Спартак" ;

1,08 - коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату в размере 8%.

3. Начисления на нужды социального страхования - 6,1 %.

а/ вагонетки с жароупорным бетоном  
(2497,8 + 14204,2) . 0,061 = 1018,8 руб

б/ вагонетки с фосфатными блоками  
(1000,8 + 7102,1) . 0,061 = 494,3 руб

В. АМОРТИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ

Амортизационные отчисления по основным фондам, обслуживающим участки производства жароупорных материалов, составляют :

а/ по производству жароупорного бетона - 1355,9 руб.;

б/ по производству блоков на фосфатном связующем - 2435,2 руб

/см. вспомогательный расчет № 3).



СЕБЕСТОИМОСТЬ КИРПИЧА ПО ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ЗАТРАТАМ

(в рубл.)

№ пп	Изменяющиеся затраты	Вариант футеровки жароупорным бетоном	Вариант футеровки фосфатными блоками
1	2	3	4
1	Материалы:		
	сталь конструкционная	3141,6	1257,6
	стальное литье	5390,0	2147,6
2	Огнеупорные материалы:		
	жароупорные бетонные плиты	173614,2	-
	блоки на фосфатном связующем	-	60653,0
3	Заработная плата основная и дополнительная	16702,0	8102,9
4	Начисления на зарплату	1018,8	494,3
5	Амортизация	1355,9	2435,2
Итого:		206222,5	75090,6

II. КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ

Участок по приготовлению огнеупорных материалов организован при цехе "Спартак". Стоимость оборудования, обслуживающего производство каждого из материалов, следующая:

а/ жароупорного бетона - 4842,6 руб,

б/ блоков на фосфатном связующем - 9454,5 руб



### III. ГОДОВОЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

Так как с внедрением блоков на фрезерном связующем объем производства кирпича остается неизменным, формула (I) приобретает следующий вид:

$$\begin{aligned} \bar{Э} &= (C_1 + EK_1) - (C_2 + EK_2) = \\ &= (206222,5 + 0,15,4842,6) - (75090,6 + 0,15,9454,5) = \\ &= 206948,9 - 76508,8 = 130440,1 \text{ руб.} \end{aligned}$$

(руб. это означает тысяч четыреста сорок и т.п.).

1. Расчет составлен в соответствии с "Методикой определения годового экономического эффекта, получаемого в результате внедрения новой техники", утвержденной б. ГИИК СМ СССР 18 февраля 1961 года.
2. Вспомогательные расчеты 1,2,3 являются неотъемлемой частью настоящего расчета.

Зав. отделом ТЭР "Оргтекстрема"

/В.Анентьев/

Главный конструктор проектов  
отдела ТЭР

*Минин*

/А.Левий/

Ведущий специалист по теме

*Гуревич*

/А.Гуревич/



РАСЧЕТ № I

расхода металла на ремонт печных вагонеток  
размера 2970 x 3000мм футерованных жаро-  
упорными бетонными плитами.

В соответствии с "Положением о планово-предупредительном  
ремонте и эксплуатации оборудования предприятий промышленности  
строительной керамики (Выпуск 7), утвержденным Министерством  
промышленности строительных материалов СССР 15 апреля 1967 г.  
(стр. III), вагонетки обжиговые грузоподъемностью 5000 кг раз-  
мером 2218 x 1770 мм относятся ко 2-й группе ремонтной слож-  
ности.

Ремонтный цикл: текущих ремонтов - 3, (стр.139)

периодических технических  
уходов - 20

Очередной текущий ремонт производится через 3000 часов;  
очередной текущий уход через 500 часов.

Следовательно, в расчете на год приходится:

- а/ текущих ремонтов 2
- б/ технических уходов 12.

1. На ремонт вагонеток предусматривается сталь конструк-  
ционная углеродистая (стр. 167).

$$\text{Расход стали : } H = 2,100 \cdot 1,15 = 230 \text{ кг.}$$

где

2 - сумма единиц ремонтно-сложности вагонеток, подвергаемых  
ремонту в течение года;

100 - расход металла на капитальный ремонт вагонеток на одну  
условную единицу ремонтно-сложности;



1,15 - коэффициент, учитывающий расход основных материалов на технический уход за вагонетками.

Так как площадь пола типовой вагонетки 3,93м<sup>2</sup> (2218x1770)мм; а площадь вагонетки для скоростного обмена кирпича в цехе "Спартак" 8,91 м<sup>2</sup> (2970x3000мм), то расход стали на ремонт такой вагонетки составит

$$\frac{230 \cdot 8,91}{3,93} = 522 \text{ кг.}$$

и и всего 59 x 0,522 = 30,8 тонны.

2. Расход стального листа

$$N = 2,50 \cdot 1,15 = 115 \text{ кг}$$

и на вагонетку размерами (2970x3000мм)

$$\frac{115 \cdot 8,91}{3,93} = 261 \text{ кг.}$$

и всего 59 x 0,261 = 15,4 тонны.

где 59 - паличный парк вагонеток.

Ведущий специалист

/А.Гуревич/

Гл. конструктор  
отдела ТЭР  
СНКО "Оргтехотрем"

/А.Левый/



РАСЧЕТ № 2

расхода огнеупорных материалов на футеровку печных вагонеток

Исходные данные:

1. Наличный парк обжигных вагонеток - 59 шт
2. Объем огнеупоров, используемых для разовой футеровки одной вагонетки размером 2970x3000 мм - 1,7 м<sup>3</sup>
3. Годовой объем производства кирпича по цеху "Спартак" в соответствии с планом 1973 года - 21500 тыс.шт. в условном исчислении.
4. Вместимость 1 вагонетки 1300 шт кирпича в условном исчислении

Расчетные показатели:

1. Общее количество оборотов вагонеток за год:  
 $21500 : 1,3 = 16540 \text{ об.}$
2. Среднее количество оборотов одной вагонетки:  
 $16540 : 59 = 280 \text{ об}$
3. Среднегодовое количество футеровок в расчете на одну вагонетку:
  - а/ футеровка жароупорными бетонными плитами:  
 $280 : 10 = 28 \text{ футеровок.}$
  - б/ футеровка блоками на фосфатном связующем:  
 $280 : 100 = 2,8 \text{ футеровки.}$
4. Общее количество футеровок:
  - а/ из жароупорных бетонных плит:  
 $59 \times 28 = 1652 \text{ футеровки.}$



42

б/ из блжов на фосфатном связующем

$$59 \times 2,8 = 165,2 \text{ бутеровки.}$$

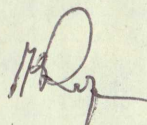
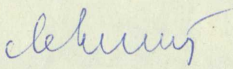
5. Годовой расход огнеупорных материалов:

а/ жароупорных бетонных плит :

$$1,7 \times 1652 = 2808,4 \text{ м}^3$$

б/ блжов на фосфатном связующем

$$1,7 \times 165,2 = 280,8 \text{ м}^3.$$

Ведущий специалист  /А.Гуревич/  
Гл.конструктор  
отдела ТЭР  /А.Левий/



РАСЧЕТ № 3

амортизационных отчислений по участку производства  
огнеупорных материалов для футеровки печей вагранетон.

№ п/п	Наименование основных фондов	Шифр	Норма амортизационных отчислений	Карупорные бетонные плиты		Блоки на флюорном связующем	
				Балансовая стоимость	Сумма амортизаций	Балансовая стоимость	Сумма амортизаций
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Распоруживална	42633	28,6	3026,0	865,4	3026,0	865,4
2	Вибролуфта I	42639	27,0	1816,6	490,5	1816,6	490,5
3	Вибролуфта II	42639	27,0	-	-	1827,8	493,5
4	Пресс форма	42640	25,5	-	-	722,1	184,1
5	Контактный чаш	42638	28,6	-	-	570,0	163,0
6	Печь -сушилка	42614	16,0	-	-	1492,0	238,2
Итого:				4842,6	1355,9	9454,5	2435,2

Гл. конструктор проектов отдела

ТОР СШО  
"Оргтехстрэл"

*Левин*

/Левин Л.Г./



СПРАВКА

о трудоемкости ремонта вагонеток

На основании "положения о планово-предупредительном ремонте и эксплуатации оборудования предприятий промышленности строительной керамики", утвержденного Министерством промышленности строительных материалов СССР 15 апреля 1967 г. трудоемкость ремонта металлической части и ухода за обжиговыми вагонетками размером 2218х1770мм в расчете на год и на одну единицу составляет 26,6 ч/часа, а вагонетки 2970х3000, футерованной карупорным бетоном - 60,4 ч/часа.

При футеровке вагонеток блоками, изготовленными с применением фосфатной связки, трудоемкость ремонта металлической части одной вагонетки на год составляет 24,2 ч/часа.

Средний разряд ремонтных рабочих пятый.

Часовая тарифная ставка рабочего-станочника V разряда по сдельной шкале 64,9 коп.

На футеровке вагонеток огнеупорными материалами занято:

- а/ карупорный бетон - 3 чел
- б/ фосфатные блоки - 4 чел.

Основная заработная плата одного рабочего-футеровщика - в среднем 137 руб. в месяц.

Дополнительная зарплата 8 % от основной.

Директор завода -

/И.Санатова/

Начальник отдела труда  
и зарплаты

/Т.Шарфина/

Копия верна: *Лилеев*



СПРАВКА

о стоимости материалов

Среднегодовая стоимость материалов, применяющихся на производстве завода стройкерамики "Спартак" следующая:

1. Глина огнеупорная	10р.11к. за тонну,
2. Шамотный песок	17р.20к. -"-
3. Щебень шамотный	14р.90к. -"-
4. Цемент глиноземистый	94р. -"-
5. Сталь констр. ищонная /усреднено/	102р. -"-
6. Литые стальные	350р. -"-
7. Каолин	20р. -"-
8. Кислота фосфорная	250р. -"-
9. Доски обрезные 40 мм	40 руб. за м <sup>3</sup> -"-
10. Плиты бетонные жароупорные	106р. за м <sup>3</sup> -"-
11. Блэки огнеупорные фосфатные	216 р. за м <sup>3</sup> -"-
12. Мазут	26 руб. за тонну

Директор завода

/П.Саватъв/

Главный бухгалтер

/А.Франк/

Копия верна :

*Иванов*



## V. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В результате проведения научно-исследовательских работ:

1. Получен новый плотный огнеупорный фосфатный бетон (материалы о нем направлены в Комитет по делам изобретений при Совете Министров СССР для оформления авторских свидетельств приоритеты 1778488/29-33 от 28.04.72 г. и 1778487/29-33 от 28.04.72 г.);

2. Изучены влияния основных факторов получения плотного безобжигового фосфатного огнеупорного бетона устойчиво служащего при режиме скоростного обжига кирпича, например:

- а) влияние количества шмотного заполнителя на свойства огнеупорного бетона;
- б) влияние глинистых добавок на прочностные характеристики бетона и его термостойкость;
- в) подобран оптимальный гранулометрический состав заполнителей;
- г) определен предельно низкий температурный режим термообработки для каждого вида связующего;

3. Полученный новый материал — плотный фосфатный бетон для футеровки пода вагонов туннельных печей, <sup>в лабораторных условиях</sup> обладает повышенной механической прочностью  $\sigma_{сж} 300+400 \text{ кг/см}^2$  и термостойкостью  $\Phi$  более 200 воздушных теплосмен ( $1100^\circ-20^\circ\text{C}$ ); данный материал не имеет разупрочнения при нагреве, он удобоукладываем в формах самой сложной конфигурации;

4. Плотный фосфатный бетон содержит шмотного заполнителя определенного гранулометрического состава, огнеупорную глину, гидроксид алюминия и фосфатные связующие в строго определенных соотношениях;



На заводе стройкерамики "Спартак" в цехе "Спартак" организовали промышленный синтез АХЭС и промышленный участок по изготовлению плотного фосфатного бетона;

6) Оптимальные составы разработанных плотных фосфатных бетонов с 16 мая 1972 года внедрены в производство на заводе стройкерамики "Спартак" цех "Спартак", где футерована весь вагонеточный парк туннельной печи скоростного обжига кирпича;

7. Плотные фосфатно-бетонные блоки в условиях скоростного обжига кирпича выдерживают в качестве футеровочного материала туннельных вагонеток более 100 циклов.

8. Годовой экономический эффект в условиях завода "Спартак" (одна туннельная печь), <sup>при</sup> <sup>этом</sup> применяемых для футеровки вагонеток блоки из плотного фосфатного бетона составляет *130,4* тысячи рублей

9. Опыт использования для футеровки печей туннельных вагонеток плотного огнеупорного фосфатного бетона на заводе стройкерамики "Спартак" показал, что целесообразно его рекомендовать к широкому внедрению.



ЛИТЕРАТУРА

1. Солденинов Л.Д. В сб. "Строительство промышленных печей и дымовых труб". Госстройиздат, 1967.
2. Будников И.П., Хорославин Л.Б. "Огнеупорные бетоны на фосфатных связках" "Металлургия" М., 1971.
3. Голышко-Вольфсон С.Л., Сычев И.М., Судакес Л.Г., Скобло Л.И. "Химические основы технологии и применения фосфатных связок и покрытий", "Химия" Л., 1968.
4. Уайтман Д.Э. В сб. "Процессы керамического производства" ИЛ, 1960.
5. Kingery W.D., *J. Am. Ceram. Soc.* 1950, v.33, No 8, 1952, v.35, No 3
6. Пирогов А.А. В сб. "Огнеупоры для черной металлургии", Metallurgizdat, 1958.
7. Цейтлин Л.А., Елтанева А.А., "Литейное производство", 1965 № 6.
8. Пирогов А.А. и др. "Огнеупоры" 1967, № 12
9. Рашидован И.Л., Кузьминская Л.Н., Копейкин В.А. Изв. АН СССР, Неорганические материалы, 2, 1966
10. Bechtel H., Ploss J., *Ber. Deutsch. Ker. Ges.*, 37, 1960
11. Greger H.H.; *pat. USA* 2405884, 1947.
12. Chvatal T., *pat. Osterreich* 231337, 1964.
13. Chvatal T., *Sprechsaal Keramik glas email silicate*, 1966
14. Патент (Польша,) № 51610, 1966
15. Григорьев Г. и др. В сб. "Труды на НИИ по черной металлургии", "Техника" София, 1967 г.
16. Клегаров Я.В., Скобло Л.И. В сб. "Труды Гипроцветмета" Госстройиздат, 1965, вып. 31



17. Цейтлин Л.А., Губаткина А.П., Авт. свидетельство № 196594, 1967
18. Baab K.A., Blackwood J.M., Amer. Ceramic Soc. Bull., July 1971.
19. Pat. Great Britain № 11 02 978, 1968
20. Коржавин Л.Б. и др., "Огнеупоры" № 6, 1970.
21. Пирогов А.А. и др. В сб. "Жаростойкий бетон и железобетон в строительстве" Госстройиздат, 1966.
22. Медведев В.А. и др. *Металлург*, 1967, № 12
23. Herzwegh C., Winkler E., *Ziegelindustrie*, "ZM", № 12, 1971.
24. Похратян К.А., Сушка и обжиг в промышленности строительной керамики" Госстройиздат, М., 1962.
25. Инструкция по технологии производства и применения жаростойких бетонов" СН-15661, утв. Госстроем СССР, М., 1961.



ПРИЛОЖЕНИЕ