

*Г.П. Козловская, Н.В. Филатова,  
М.С. Бутакова*

# **Материальные расчеты в технологии фарфора**

*Учебное пособие*



Иваново  
2014

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ХИМИКО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Г.П. Козловская, Н.В. Филатова, М.С. Бутакова

## **Материальные расчеты в технологии фарфора**

Учебное пособие

Иваново 2014

УДК 666.5:519.711.3(07)

**Козловская, Г.П.** Материальные расчеты в технологии фарфора: учеб. пособие /Г. П. Козловская, Н. В. Филатова, М. С. Бутакова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т.- Иваново, 2014. – 196с.

В учебном пособии представлен пример расчёта материального баланса для производства изделий из хозяйственного фарфора методом пластического формования. Приведены исходные данные для этого расчёта: технологическая схема, нормы отходов и технологические параметры на различных стадиях этого производства. Представлена Excel-программа для автоматизации расчётов и правила пользования ею.

Пособие предназначено студентам 3, 4, 5 и 6 курсов дневного и заочного отделений, обучающимся по направлениям «Химическая технология» (профиль «Технология керамики и стекла»), «Материаловедение и технологии новых материалов», «Технология художественной обработки материалов» для выполнения курсовых и дипломных проектов.

Табл. 72. Ил.3. Библиогр.: 15 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета.

Рецензенты:

кафедра неорганической и аналитической химии Ивановского государственного университета; кандидат физико-математических наук К.Ш. Хизриев (Дагестанский государственный университет)

© Козловская Г. П., Филатова Н. В., Бутакова М. С.  
2014

© ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный  
химико-технологический университет», 2014

## ВВЕДЕНИЕ

*Фарфор* появился в Китае в результате длительного совершенствования керамических масс от фарфоровидных до первых разновидностей фарфора (V-VII вв.). Одно из китайских названий фарфора - яо, персы называли его ферфор, европейцы - фарфор, порцелин. Китайские литературные источники относят возникновение фарфора ко II в. до н. э. Крупным центром изготовления фарфора был город Цзиндэчжень, который и в настоящее время остается крупнейшим по производству фарфора в Китае. В Корее уже в X-XIV вв. выпускалась фарфоровая керамика, близкая к китайской, а позднее белый фарфор. Под влиянием Китая и Кореи в XVI - начале XVII вв. возникло производство фарфора в Японии.

Секрет получения фарфора в Китае тщательно хранился, и европейцам это искусство оставалось неизвестным в течение многих веков. Лишь в конце XV в. китайский фарфор завезли в Европу венецианцы, а в начале XVI в. - португальцы. Ценился он на вес золота. Только спустя 200 лет после знакомства с китайскими фарфоровыми изделиями в Европе был найден способ изготовления материала, напоминающего по своим свойствам китайский фарфор. В 1695 г. во Франции начали получать мягкий или фриттовый фарфор (не содержащий глины). Это были изделия из полуплавленного стекла. Производство их в Италии освоено еще раньше – в XVI в.

Твердый фарфор, не уступавший китайскому, был изобретен в г. Мейсене (Саксония) И.Ф. Бетгером при содействии Э. В. Чирнгаузена в 1709 г. В 1710 г. возникла знаменитая Мейсенская мануфактура, не потерявшая своего значения и до настоящего времени. Второе фарфоровое производство в Европе было основано К. дю Пакбе в Вене (Австрия) в 1717-1718 гг. Во Франции, где сравнительно поздно были открыты месторождения каолина, твердый фарфор производится лишь с последней

трети XVIII в., знаменитая Севрская мануфактура (Франция), созданная в 1756 г., сохранила свое значение и в наше время.

В Англии с середины XVIII в. производился мягкий фарфор, подобный французскому, а затем его разновидность – костяной фарфор из каолина и пережжённой кости. В Италии твердый и мягкий фарфор изготавливали в Венеции (1720 г.), Каподимонте (1736 г.) и других городах. Мануфактуры, производившие мягкий и твердый фарфор, существовали также в Дании, Швеции, Голландии, Бельгии, Швейцарии, Чехословакии.

В русской литературе первое упоминание о фарфоре встречается в записках «Хождение за три моря» Афанасия Никитина, посетившего Китай, Индию, Иран в 1466—1472 гг. Петр I в 1718 г. заинтересовался «порцелиновым» делом, но наладить изготовление фарфора ему не удалось.

Над «изысканием фарфоровых составов» трудились М. В. Ломоносов, Д. И. Виноградов. Около 1747 г. состав твердого фарфора был открыт Д.И. Виноградовым. Состав фарфоровой массы, разработанный им, был отличен от составов китайского и саксонского (мейсенского). В качестве исходных материалов он использовал гжельскую огнеупорную глину, кремь и алебастр (гипс). В 1752 г. им впервые в мировой литературе была опубликована монография «Обстоятельное описание чистого порцелина».

М. В. Ломоносов независимо от Д. И. Виноградова начиная с 1750 г. проводил большие работы по изысканию фарфоровых масс. Свыше 50 различных рецептов масс содержат его лабораторные записи.

В 1744 г. вблизи Петербурга был построен первый в России фарфоровый завод (третий в Европе). Ныне это Императорский фарфоровый завод им. М. В. Ломоносова.

Фарфор – самая благородная керамика. Фарфоровые изделия весьма разнообразны по своему химическому составу, по свойствам и назначению [1, 2].

# 1. СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ФАРФОРА

## 1.1. Ассортимент изделий и требования, предъявляемые к ним

Хозяйственный фарфор отличается широким ассортиментом и разнообразной формой изделий. Технические условия, номенклатура показателей и показатели качества для фарфоровых изделий характеризуются ГОСТом 28390-89 [3].

Изделия должны изготавливаться в соответствии с требованиями настоящего стандарта, по технологическому режиму и образцам-эталонам, утвержденным в установленном порядке.

Изделия подразделяются:

- по форме – на плоские (тарелки, блюда, блюда и т.п.) и полые (чашки, масленки, пиалы и т.п.);
- размерам – на мелкие, средние и крупные.

Изделия для напитков в зависимости от вместимости подразделяются на мелкие и крупные:

- мелкие – менее 500 см<sup>3</sup>;
- крупные – от 500 см<sup>3</sup> и более.

Для изделий, контактирующих с пищевыми продуктами, применяют глазури и красители, изготовленные по рецептурам, разрешенным Министерством здравоохранения РФ.

Внутренние поверхности полых и плоских изделий, соприкасающихся с пищевыми продуктами, не должны выделять свинец и кадмий более, мг/дм<sup>2</sup>:

для плоских изделий:

- свинец – 1,7;
- кадмий – 0,17;

полых мелких и средних изделий:

- свинец – 5,0;

- кадмий – 0,5;

полых крупных изделий:

- свинец – 2,5;
- кадмий – 0,25.

Изделия должны быть устойчивыми на горизонтальной поверхности. При наклоне чайника или кофейника на угол до 70° крышка не должна выпадать. Приставные детали должны быть прочно прикреплены к основному изделию. Сливное отверстие должно быть выполнено так, чтобы жидкость выливалась нераздельной узкой струей и не подтекала на корпус изделия. Неглазурованные ножки, край изделий, место посадки крышки и торец пробки должны быть зашлифованы. Оттенок изделий с цветным черепком или покрытых цветной глазурью, входящих в комплект, набор или сервиз, должен быть одинаков. Оттенок крышек изделий должен соответствовать образцу-эталону. В некомплектной продукции допускается незначительное отклонение тона изделия от образца-эталона. Пленка из драгоценных металлов должна быть прочно прикреплена к поверхности изделий. Плоские изделия не должны разрушаться в стопах.

Поверхность изделий, соприкасающихся с пищевыми продуктами, должна быть кислотостойкой.

Таблица 1.1

Требования к готовой продукции ГОСТ 28390-89

Наименование показателя	Норма для сорта	
	1-го	2-го
Белизна, %, не менее	64	58
Просвечиваемость для изделия с толщиной черепка не более 2,5 мм, %, не менее	30	15
Термостойкость, °С, не менее	185	
Водопоглощение по черепку, %, не более	0,2	

## 1.2. Виды фарфора

Фарфор – один из важнейших и интереснейших керамических материалов. Черепок его плотный, спекшийся. Он белый по цвету, тонкостенный, просвечивающий и имеет низкую пористость. Изделия из фарфора обладают высокой прочностью при сжатии, термостойкость их более 8 теплосмен, они достаточно устойчивы к действию кислот и щелочей, бывают обычно глазурованными и имеют декор (изделия культурно-бытового назначения). Фарфоровые изделия обладают высокими эстетическими свойствами. Их изготавливают из тонких смесей каолина, кварца, полевого шпата и других алюмосиликатов.

В зависимости от состава массы и температуры обжига различают *твёрдый (хозяйственный)* фарфор, обжигаемый при температуре 1350-1410°С и выше, и *мягкий* фарфор с температурой обжига ниже 1350°С. По сравнению с мягким фарфором твёрдый содержит больше каолина и меньше полевого шпата.

Мягкий фарфор подразделяется на костяной, полевошпатовый (зегеровский), фриттовый и др.

Массы мягкого фарфора содержат повышенное количество плавней – карбонатов, сульфатов, фосфоритов, костяной золы, поташа, соды и др., что способствует понижению температуры обжига до 1250-1300° С. Отличительная особенность изделий мягкого фарфора – повышенная белизна и просвечиваемость, пониженная (примерно вдвое) по сравнению с твердым фарфором механическая прочность, а также низкая термическая стойкость.

*Костяной* фарфор изготавливают из масс, содержащих 20-60% костяной золы крупного рогатого скота. Он отличается высоким содержанием стекловидной фазы, обеспечивающей изделиям повышенную просвечиваемость. Из костяного фарфора изготавливают чайную и кофейную посуду.

*Полевошпатовый (зегеровский)* фарфор отличается повышенным содержанием (30-40%) полевого шпата. В основном из него изготавливают скульптуры.



*Фриттовый фарфор* не содержит каолина, кварца и полевого шпата в сыром виде. Его изготавливают из примерно 80% предварительно сплавленной смеси, так называемой «фритты», состоящей из кварца, полевого шпата и мела, 15-20% мела и 5-10% мергеля. По внешнему виду и свойствам изделия из фриттового фарфора больше напоминают заглушённое стекло, чем фарфор. Они обладают высокой белизной. Основной ассортимент изделий из него – скульптура.

*Полуфарфор* характеризуется белым или окрашенным плотным полуспекшимся черепком, покрытым прозрачной или цветной глазурью, который по составу и температуре обжига занимает промежуточное положение между фарфором и твердым фаянсом. Пористость по водопоглощению полуфарфоровых изделий составляет 5-8% [2].

В табл. 1.2 приведены шихтовые составы различных видов фарфора.

Таблица 1.2

Шихтовые составы различных видов фарфора

Изделия	Твердый фарфор	Полевошпатовый фарфор	Костяной фарфор	Фриттовый фарфор	Полуфарфор
Глинистые минералы	43-65	36-47	20-45	-	41-56
Кварцевые минералы	37-40	23-35	9-20	-	24-30
Полевошпатовые минералы	19-25	24-34	8-22	-	9-10
Мел	-	-	-	15-20	-
Мергель	-	-	-	5-10	-
Фритта	-	-	-	70-80	-
Костяная мука	-	-	20-60	-	-

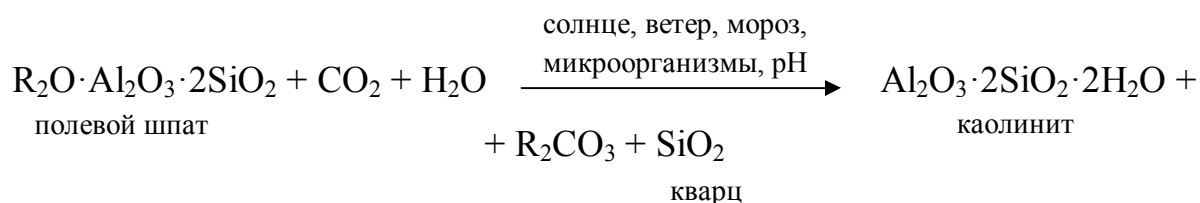
### 1.3. Сырьевые материалы

Сырьевые материалы, используемые при изготовлении фарфоровых изделий, делят на две группы: глинистые (пластичные) и непластичные. Глинистые материалы (глины и каолины) — основное сырье. Непластич-

ные материалы в зависимости от их роли в технологическом процессе делят на отощающие и плавни (флюсы).

### ***Каолины и глины***

***Каолины и глины*** – природные материалы полиминерального состава, образовавшиеся в результате разрушения (выветривания) алюмосиликатных горных пород (полевых шпатов, пегматитов, гранитов и др.). Разрушение горных пород происходит в результате механических (воздействие воды, ветра, ледников), физических (нагревание, охлаждение), химических (воздействие влаги, кислорода, углекислоты и других газов, содержащихся в воздухе и воде) и бактериологических (гниение органических примесей) процессов. Вода (атмосферные осадки и грунтовые воды), попадая в трещины твердых каменистых пород, замерзает при низких температурах, увеличивается в объеме, что приводит к дальнейшему разрушению, разрыхлению этих пород [4].



Глины и каолины способны образовывать с водой пластичное тесто, которое сохраняет придаваемую ему форму и обретает после обжига твердость камня.

Каолин обеспечивает увеличение прочности за счет формирования в черепке игольчатого муллита, повышает белизну черепка.

В производстве обычно используют обогащенный каолин. Каолины мокрого обогащения характеризуются большим количеством поглощенного кальция (для коагуляции при обогащении вводится 0,4 – 0,6 % извести), имеют рН до 9 -10, что снижает текучесть шликера и ухудшает разжижение электролитами – разжижителями. Это вынуждает увеличивать количе-

ство вводимых щелочных электролитов, что иногда является причиной образования трещин и посечек на изделиях.

Глины обеспечивают агрегативную устойчивость, придают формовочные свойства массе, прочность отливке и необходимую пластичность отливкам и прочность полуфабриката после сушки изделий. В процессе политого обжига обеспечивают образование в черепке игольчатого муллита, который пронизывает стекловидную фазу и обеспечивает прочность фарфорового черепка.

### ***Кварцевый песок***

Отощающие материалы вводят в массу для уменьшения усадки при сушке и обжиге изделий, чтобы сохранить форму изделия в процессе его изготовления, облегчить и ускорить процессы сушки и обжига изделий. При производстве фарфора в качестве отощающих материалов применяют кварцевый песок.

***Кварцевый песок*** – рыхлая сыпучая порода, состоящая из мелких обломков и зерен различного размера: 0,01 – 0,25мм мелкозернистый песок, 0,25 – 0,5мм среднезернистый, 0,5 – 1мм крупнозернистый и 1 – 2мм грубозернистый. По минералогическому составу пески состоят в основном из кварца с примесью различных минералов – слюды, глауконита, глины, полевых шпатов и др. По происхождению пески могут быть речными, озерными, морскими и дюнными (эоловые).

Кварцевый песок играет роль скелетообразующего компонента в структуре черепка. На стадии формования кварцевый песок обеспечивает необходимую скорость набора массы, уменьшает усадку в процессе сушки. При политом обжиге часть кварца с поверхности растворяется в полевошпатовом расплаве, увеличивает его количество и вязкость, а за счет этого прочность и просвечиваемость фарфорового черепка. Оставшиеся нерастворёнными зёрна кварца обеспечивают кристаллическую фазу в фарфоровом черепке, повышая, таким образом, его прочность [5].

При обжиге кварц претерпевает полиморфные изменения. Полиморфные превращения связаны с изменением объёмов кварца, это учитывается при выборе режимов обжига и охлаждения изделий, так как при охлаждении в кварце происходят обратные изменения. Переход  $\beta$ -кварца в  $\alpha$ -кварц происходит при температуре  $573^{\circ}\text{C}$ , сопровождается изменением объёма частиц на 0,84%. Переход  $\alpha$ -кварца в  $\alpha$ -тридимит медленный, в основном идёт на поверхности зерен  $\alpha$ -кварца, сопровождается увеличением объёма частиц на 12%, а обратный переход  $\alpha$ -тридимит в  $\alpha$ -кварц при охлаждении практически не протекает,  $\alpha$ -тридимит при дальнейшем понижении температуры сначала переходит в  $\beta$ -тридимит при температуре  $163^{\circ}\text{C}$ , а затем в  $\gamma$ -тридимит при температуре  $120^{\circ}\text{C}$ , оба эти полиморфные превращения сопровождаются незначительным уменьшением объёма на 0,2%.

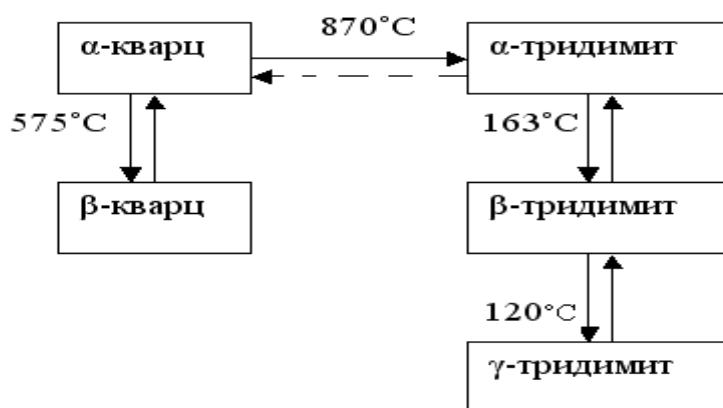


Рис.1.1. Схема полиморфных превращений кремнезёма

### ***Бой и брак изделий***

Бой и брак изделий вводят в массу не только с целью использования отходов производства и уменьшения расхода сырьевых материалов, но и в качестве отошающих компонентов. В фарфоровом производстве используется бой после утельного и политого обжигов. При правильной дозировке эта добавка улучшает литейные свойства шликеров, снижает усадку в процессе сушки, предотвращает растрескивание и деформацию полуфаб-

риката, благоприятно отражается на потребительских свойствах фарфоровых изделий.

### ***Полевошпатовые материалы***

Для образования в процессе обжига стекловидной фазы в керамические массы вводят плавни в виде полевого шпата или пегматита. Плавни, кроме создания стекловидной фазы в черепке, придают прочность материалу при обжиге, делая его способным противостоять деформирующим усилиям от собственного веса, способствуют кристаллизации новых фаз из расплава, в частности муллита игольчатой формы. Также плавни обеспечивают спекание керамического черепка при обжиге до водопоглощения менее 0, 2%, снижают температуру обжига изделий до 1350-1430 °С. В процессе формования и сушки изделий плавни обычно играют роль отошающих материалов.

***Полевые шпаты*** – большая группа породообразующих минералов. В зависимости от оксидов щелочных или щелочно-земельных металлов, находящихся в полевых шпатах, различают калиевые полевые шпаты – ортоклаз ( $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ), натриевые – альбит ( $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ) и кальциевые – анортит ( $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ), кальциево-натриевые (плагиоклазы). Температура плавления альбита 1118 °С, анортита 1550 °С, ортоклаза 1170 °С.

Полевой шпат, расплавляясь, стягивает между собой частички дегидратированных глинистых минералов и кварца, за счет этого происходит спекание. При дальнейшем повышении температуры дегидратированные глинистые минералы растворяются в этом расплаве, и из него выкристаллизовывается игольчатый муллит. Именно расплав обеспечивает просвечиваемость и звон фарфорового черепка, а игольчатый муллит обеспечивает прочность, армируя стеклофазу.

Наибольшее значение для фарфоровой промышленности имеют калиевые полевые шпаты – ортоклаз и микроклин, используемые в качестве

плавня. Оксид калия, присутствующий в полевых шпатах, придает необходимую вязкость расплаву и увеличивает интервал спекания, в то время как натриевый полевой шпат значительно снижает температуру плавления, сокращает интервал спекания, снижает вязкость системы, что в итоге приводит к деформации изделий в процессе обжига. Причина положительного влияния калиевого полевого шпата связана с тем, что он в расплавленном состоянии обладает почти на один порядок большей вязкостью, чем натриевый, обеспечивая тем самым лучшую стойкость фарфоровых изделий против деформирующих усилий при обжиге [6].

Поэтому для производства фарфоровых изделий более ценны полевые шпаты, у которых соотношение  $K_2O : Na_2O$  не менее 2.

**Пегматиты** – полевые шпаты, проросшие кристаллами кварца. Пегматиты содержат 30-35% кварца и 65-70% полевого шпата. При использовании пегматита в массе соответственно уменьшают количество кварца (кварцевого песка).

Кроме чистых полевых шпатов, плавнями для производства фарфоровых изделий могут служить пегматиты. (Пегматиты более загрязнены, чем полевой шпат, в них содержится мусковит, дающий при обжиге дефекты в виде «черной мушки».)

Качество полевых шпатов и пегматитов оценивают по огневой пробе. Их образцы обжигают при температуре обжига изделий (фарфор – до 1420 °С). После обжига пробы полевых шпатов и пегматитов должны быть белыми, стекловидными, без пятен и «мушек».

### ***1.3.1. Характеристика каолинов различных месторождений***

В зависимости от условий формирования каолины подразделяются на первичные, или остаточные, и вторичные, или переотложенные. Первичный каолин представляет собой полиминеральную породу сложной структуры. Составной частью его является каолинит и кварц с редкими включениями минералов: циркона, мусковита, магнетита, пирита. Вторич-

ные каолины – это чередующиеся слои белых и цветных каолиновых глин и песчаников. Каолиновая глина включает кварц, гидрослюда, сидерит, пирит и гидроксиды железа [6].

Наиболее распространенными первичными каолинами, применяемыми в производстве фарфоровых изделий, являются каолины месторождений: Присяновского, Глуховецкого, Кыштымского, Дубровского и вторичные каолины Положского, Новоселицкого, Владимирского, Ангренского месторождений [7]. Для фарфоровых изделий применяется только обогащенный каолин (ГОСТ 21286-82).

Таблица 1.3

Содержание примесей в каолине по ГОСТ 21268-82

Наименование показателя	Норма для сорта		
	1-го	2-го	3-го
Массовая доля оксида алюминия, %, не менее	36		
Массовая доля оксида железа, %, не более	0,6	0,	0,8
Массовая доля оксида титана, %, не более	0,4	0,5	0,8
Массовая доля суммы оксида железа и оксида титана, %, не более	0,8	1,0	1,4
Массовая доля оксида кальция, %, не более*	0,8	0,8	0,9

\* Содержание оксида кальция, допускаемое ГОСТ, и наличие остаточного кальция при коагуляции в процессе обогащения затрудняют разжижение каолина, что ухудшает литейные свойства шликера.

**Присяновский** каолин. Месторождение находится в Украине, в Покровском районе Днепропетровской области. Присяновский каолин является лучшим среди каолинов для производства тонкой керамики. По минералогическому составу каолин весьма разнообразен, содержит слюду, неразложившийся полевой шпат. Это характеризует еще незавершившийся процесс каолинизации.

Таблица 1.4

## Свойства Просьяновского каолина

Показатель	Значение
Белизна	96,8%
Набухание	9,8%
Пластичность	7,6
Воздушная усадка	3,7%
Температура спекания	1370°С
Температура плавления	1760-1790°С
Остаток на ситах:	
– №2	0,02 - 0,1%
– № 009	0,4 - 0,7%
– №0056	0,5 - 0,8%
Цвет	От снежно-белого и розового до серовато-желтого и желтого цветов

Таблица 1.5

## Химический состав Просьяновского каолина

Содержание оксида, мас.%								
SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
46,96	0,30	38,19	0,44	0,26	0,05	следы	следы	13,51

**Глуховецкий** каолин. Месторождение находится в Украине, в Каза-тинском районе Винницкой области. Глуховецкий каолин в необогащенном состоянии состоит преимущественно из каолинита (63%), кварца (36,4%), полевого шпата и слюды (0,4%). Содержание кварца в необогащенном каолине колеблется в пределах от 3 до 60%. Глуховецкий каолин по сравнению с Просьяновским обладает значительно лучшими литьевыми свойствами.



Таблица 1.6

## Свойства Глуховецкого каолина

Показатель	Значение
Белизна	67-87%
Набухание	10,9%
Пластичность	7,8-13,4
Воздушная усадка	2,0- 3,1%
Температура спекания	1300-1320°C
Температура плавления	1770-1790°C
Цвет	Кремовые и желтые разновидности
Имеет высокую дисперсность, весьма однороден	

Таблица 1.7

## Химический состав Глуховецкого каолина

Содержание оксида, мас.%								
SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
45,90	0,55	37,80	0,90	0,03	0,03	0,20	0,04	13,30

*Дубровский* каолин. Месторождение находится в Украине, в Барановском районе Житомирской области. Дубровский каолин по минералогическому составу представляет собой смесь каолинита, кварца и полевого шпата с примесями сопутствующих минералов.

Таблица 1.8

## Свойства Дубровского каолина

Показатель	Значение
Белизна	67-87%
Набухание	Не набухает
Пластичность	9,9
Воздушная усадка	1,8%
Температура спекания	1280-1350°C

Таблица 1.9

## Химический состав Дубровского каолина

Содержание оксида, мас.%								
SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
49,90	0,40	34,00	1,34	0,88	0,67	2,04	0,20	11,10

**Кыштымский** каолин. Месторождение находится в России в Челябинской области. Кыштымский каолин более грубодисперсный, чем Просяновский и Глуховецкий, что положительно влияет на фильтрационные свойства при литье фарфоровых изделий. Содержание красящих оксидов Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub> допускается для I сорта 1,6%, для II сорта 1,9%, для III 3,0%.

Таблица 1.10

## Свойства Кыштымского каолина

Показатель	Значение
Содержание частиц <0,001 мм	23-36%
Пластичность	7,0-16,7%
Воздушная усадка	6-7%
Температура спекания	1730-1760°C

Таблица 1.11

## Химический состав Кыштымского каолина

Содержание оксида, мас.%								
SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
45,80	0,40	37,35	1,14	0,65	0,67	0,55	0,46	13,10

**Алексеевский** каолин. Месторождение находится в Казахстане, в Алексеевском районе Кокчетавской области. Каолин содержит кварц (до 70%), гидрослюда, окрашивающих оксидов 0,1-1,1 %; растворимые соли отсутствуют.

Таблица 1.12

## Свойства Алексеевского каолина

Показатель	Значение
Белизна	81,5-92,7%
Пластичность	2,3-4,7
Воздушная усадка	5,1%
Температура спекания	1300°С
Огнеупорность	Выше 1700 °С
Количество частиц размером <0,001 мм	36-45%

Таблица 1.13

## Химический состав Алексеевского каолина

Содержание оксида, мас.%								
SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
47,50	0,57	37,41	0,35	0,48	0,30	1,08	0,08	12,23

**Новоселицкий** каолин. Месторождение находится в Украине, в Екатеринопольском районе Черкасской области.

В зависимости от химического состава и огнеупорности Новоселицкий каолин делится на три сорта (О, марки Кн-О, I сорт Кн-1, II сорт Кн-2).

По сравнению с каолинами Просяновского и Глуховецкого месторождений Новоселицкий отличается высокой дисперсностью и пластичностью, имеет небольшое количество водорастворимых ионов, особенно Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> и Cl<sup>-</sup>, что оказывает благоприятное влияние на его разжижаемость электролитами. Новоселицкий каолин обладает большой текучестью, не загустевает при выстаивании, имеет низкую упругость. Эти качества положительно сказываются на литьевых свойствах шликера, на механической прочности отливок фарфоровых изделий в сыром и высушенном состояниях, что способствует снижению боя полуфабриката при транспортировке.

Таблица 1.14

## Свойства Новоселицкого каолина

Показатель	Значение
Пластичность	7,5
Воздушная усадка	5,2%
Общая усадка при температуре обжига 1250°C	12,5%
Температура спекания	1450°C
Температура плавления	1780-1790°C
Остаток на сите № 0,056	1,3-4,6%

Таблица 1.15

## Химический состав Новоселицкого каолина

Содержание оксида, мас.%									
Сорт	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
I	46,80	0,48	38,13	0,48	0,30	0,20	0,55	Следы	12,83
II	47,46	0,53	37,44	0,54	0,30	0,20	1,01	Следы	12,35

*Ангренский* каолин. Месторождение находится в Узбекистане, в Ташкентской области.

Ангренские первичные и вторичные каолины являются превосходной сырьевой базой для производства фарфоровых изделий.

Таблица 1.16

## Свойства Ангренского каолина

Показатель	Значение
Пластичность	8,7
Водопоглощение при температуре 1200°C	17,8%
Температура спекания	1430-1510°C
Температура плавления	1730-1780°C

## Химический состав Ангренского первичного каолина

Содержание оксида, мас. %						
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
46,50	37,00	0,90	0,30	0,33	1,51	12,30

**1.3.2. Характеристика глин различных месторождений**

Наиболее распространенными глинами, применяемыми для производства фарфоровых изделий, являются глины **Веселовского** месторождения. Месторождение находится в Украине, в Добропольском районе Донецкой области.

В минералогическом отношении глины Веселовского месторождения представляют собой минерал монотермит ( $0,2[K_2MgCa]O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 1,5H_2O$ ) с незначительным содержанием каолина, кварца и слюды.

Согласно ТУ-21-25-203-81 глина Веселовского месторождения имеет 3 марки основной глины (ВГО-1, ВГО-2, ВГО-3) и 1 марку полукислой (ВГП). Глинозема содержится в глине от 23 до 30, кварца от 10 до 28%. Особенно резко изменяется количество мелкодисперсного кварца, который проходит через сито № 006, наличие его отрицательно сказывается на свойствах шликера, приготовленного из этих глин. Поэтому при применении данных глин для производства изделий методом литья требуется особенно тщательная корректировка рецепта с учетом пересчета кварца, в противном случае масса будет несколько отощена, что влечет за собой ускорение сушки, наличие трещин и посечек на высушенном изделии, а иногда и брак «холодный треск».

Веселовские глины содержат значительное количество оксидов щелочных металлов. Содержание R<sub>2</sub>O в глинах составляет 2,0-2,5% и уменьшается по мере снижения в них количества глинистого вещества.

В Веселовских глинах наблюдается значительное количество щелочноземельных оксидов CaO и MgO - от 1,5 до 2,0%, причем изменение их содержания не зависит от изменения содержания глинистого вещества в породе.

Глины содержат в себе водорастворимые хлориды, которые отрицательно влияют на литьевые свойства шликера.

Содержание хлоридов также не увязывается с содержанием глинистого вещества в породе и достигает от 0,48 м/экв Cl на 100 г сухого вещества в глине ВГО-3; до 5,58 м/экв в глине ВГО-1.

Содержание оксидов железа в Веселовской глине составляет 0,8-1,0%, причем резко возрастает с ухудшением сорта глины.

Таблица 1.18

Свойства глины Веселовского месторождения

Показатель	Значение
Огнеупорность	1610-1770°C
Пластичность	15-25
Усадка	15,1- 16%
Количество частиц размером < 0,001 мм*	55,8-98,05%

\* Глина является высокодисперсной.

Таблица 1.19

Химический состав глины Веселовского месторождения

Содержание оксида, %								
SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
51,66	1,43	33,37	0,86	0,73	0,90	1,47	1,40	9,18

Для производства фарфоровых изделий применяются в основном марки ВГО-1, ВГО-2 – глина основная I и II сортов.

Глины **Новорайского** месторождения. Месторождение находится в Украине, в Константиновском районе Донецкой области.

По минералогическому составу глина является каолинито-гидрослюдистой, встречаются в ней кварц, полевой шпат, кальциты, рутил.

Согласно ТУ У 322-7-00190503-145-98 в зависимости от содержания  $Al_2O_3$  глина подразделяется на основную и полукислую. Основная глина подразделяется на 4 марки; ДН-0 основная, ДН-1, ДН-2, ДН-3 соответственно 1, 2, 3, сортов; полукислые ДНПК-1, ДНПК-2, ДНПК-3.

Таблица 1.20

Свойства глины Новорайского месторождения

Показатель	Значение
Огнеупорность	1470-1750°C
Пластичность	10-25
Усадка	11,5%
Количество частиц размером < 0,001 мм	27,6 – 66%

Таблица 1.21

Химический состав глины Новорайского месторождения

Содержание оксида, %									
Мар-ка	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
ДН0	45,35	1,03	33,00	1,10	0,60	0,40	0,55	0,60	5,60
ДН1	43,50	-	32,00	1,50	0,65	0,60	0,75	0,75	8,00
ДН2	49,50	-	30,50	2,00	0,75	1,00	1,05	1,05	10,00

*Латненское* месторождение огнеупорных глин находится в России, вблизи Воронежа.

По качеству глины неоднородны: имеются тонкодисперсные, песчаные и углистые. По минералогическому составу глины являются каолинитовыми и кварцево-каолинитовыми, присутствует в них незначительное количество полевого шпата, рутила, пирита.

Глины согласно ТУ 14-8-152-75 делятся на 4 сорта основной глины: ЛТ-0, ЛТ-1, ЛТ-2, ЛТ-3, 3 сорта полукислых глин: ЛТ-1ПК, ЛТ-2ПК, ЛТ-

ЗПК и углистую глину ЛТУ. Углистая глина имеет в своем составе гумусовые соединения, органические вещества, ее огнеупорность 1670°.

Латненская глина марки ЛТУ способствует разжижению шликера, снижению количества электролитов за счет наличия гумусовых веществ в глине и положительно влияет на качество продукции.

Таблица 1.22

Свойства глины Латненского месторождения

Показатель	Значение
Огнеупорность	1350-1750°С
Пластичность	15,3
Усадка	7,4%
Количество частиц размером < 0,001 мм	30 – 85%

Таблица 1.23

Химический состав глины Латненского месторождения

Содержание оксида, %								
SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
49,40	1,70	38,70	0,80	0,85	0,20	0,65	0,45	11,00

**Каменское** месторождение огнеупорных глин расположено в России, недалеко от Иркутска.

Глина достаточно своеобразная, имеет повышенную запесоченность, не всегда одинаковую (12-35%). Кварц в глине находится в виде очень тонких зерен, вследствие этого полностью отделить его от глины в процессе обогащения не удастся, удаляется лишь незначительная часть песка, несколько более крупная, чем основная масса материала. Поэтому не представляется возможным после обогащения получать конечный продукт со стабильным содержанием кварца. Рекомендовано использовать в производстве фарфоровых изделий необогащенную глину, но с обязательным предварительным определением количественного содержания в ней кварца, которое должно быть учтено при расчете состава керамической массы.



Глина удовлетворительно разжижается за счет наличия в ней гумусовых веществ (до 0,23%). Согласно ТУ 14-8-262–78 Каменские глины делятся на сорта КО (отборная) и КЗ (запесоченная).

По минералогическому составу Каменская глина — это чисто каолининовая глина, по керамическим свойствам занимает промежуточное положение между высокопластичными украинскими глинами и каолинами. В глине имеются в незначительных количествах гидрослюда, галлуазит, полевой шпат, рутил, ильменит, пирит и др. Сочетание свойств каолина и пластичной глины позволяет использовать Каменскую глину в литейных полуфарфоровых массах в количестве единственного пластичного компонента с добавкой незначительного количества (0,4-0,5%) бентонита для повышения пластичности массы и механической прочности высушенных отливок.

Таблица 1.24

Свойства глины Каменского месторождения

Показатель	Значение
Огнеупорность	1580 - 1730°С
Пластичность	12,4
Огневая усадка при 1200°С	16,8%
Количество частиц размером < 0,001 мм	65-70%
Коэффициент чувствительности к сушке K <sub>ч</sub>	0,51

*Трошковские* глины (ТУ 1512-107-13195028-24) добываются в России в Иркутской области. Имеются две разновидности Трошковских глин. Первая – плотная каолининовая с небольшой примесью монтмориллонита, она почти не размокает в воде и требует механической обработки для получения пластического теста, вторая – рыхлая каолинино-монтмориллонитовая, с содержанием монтмориллонита до 50%.

Все глины засорены щебенкой, содержание которой изменяется от 12 до 16%. Встречаются прослойки песчанистых глин, имеющие белую, серую, темно-серую до черной окраску [6].

По минералогическому составу глины состоят из каолинита, монтмориллонита, грубодисперсного кварца, галлуазита, слюды, полевого шпата. Содержание кварца резко колеблется.

Глины классифицируются на два сорта ТК-1 и ТК-2. Сорт ТК-1 содержит  $Al_2O_3$  до 30% и  $Fe_2O_3$  не выше 1,5%, п.п.п. 13,5%. Применяется глина для производства фарфоровых изделий. Тонкий помол глины в шаровой мельнице обеспечивает получение массы с высокой пластичностью и способствует увеличению прочности полуфабриката, прошедшего сушку, что важно при изготовлении тонкостенных изделий. Изделия из фарфоровых масс имеют повышенную белизну и просвечиваемость.

Таблица 1.25

Свойства глины Трошковского месторождения

Показатель	Значение
Огнеупорность	1640-1740°C
Пластичность	10-26
Набухаемость	Не набухает
Усадка	9,7- 13,1%
Количество частиц размером < 0,001 мм	50—60%

Таблица 1.26

Химический состав глины Трошковского месторождения

Содержание оксида, %								
SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
49,94	0,44	34,83	0,69	1,15	0,60	0,31	0,13	10,50

**Обское** месторождение глин расположено в Новосибирской области. Глины являются каолинитовыми с примесью гидрослюд и монтморилло-

нита. Глины относятся к категории пластичных, их огнеупорность 1480-1700°C.

Согласно ТУ-24-01-409-70 по керамическим свойствам и химическому составу глины делятся на три сорта: Об-1, Об-2, Об-3.

Глина Об-1 наиболее приемлема для производства фарфоровых изделий.

Таблица 1.27

Свойства глины Обского месторождения

Показатель	Значение
Температура спекания	1100 - 1300°C
Пластичность	17,6-24,6
Цвет	Светложгущаяся

Таблица 1.28

Химический состав глины Обского месторождения

Содержание оксида, %								
SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
61,50	-	23,50	1,15	0,70	0,63	1,00	0,20	11,00

*Евсинское* месторождение глин находится в Новосибирской области. Глины относятся к каолинито-гидрослюдистым. Содержание кварца иногда достигает 52,8%.

По качественным показателям глины делятся на беложгущиеся и светложгущиеся, которые в свою очередь представлены спекающимися и неспекающимися.

Согласно ТУ-21-01-408-70 по керамическим свойствам и химическому составу глины делятся на 2 сорта. Глина I сорта характеризуется содержанием Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и TiO<sub>2</sub> до 16%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> менее 1,5%. Глина II сорта содержит Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и TiO<sub>2</sub> до 16% , Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> от 1,5 до 8,0%.

Для производства фарфоровых изделий может применяться глина I сорта и только в сочетании с другими глинами, например с Обской, так как сама она является малопластичной.

Таблица 1.29

Свойства глины Евсинского месторождения

Показатель	Значение
Огнеупорность	1440-1640°C
Пластичность	3,5-14
Температура спекания	1230-1300°C

Евсинские и Обские глины содержат в себе некоторое количество щелочей и органических соединений, которые благоприятно влияют на их разжижаемость и получение шликеров с удовлетворительными литейными свойствами.

Составы глин и каолинов можно найти в справочной литературе [7].

### 1.3.3. Характеристика различных месторождений кварцевого песка

В качестве отощающего материала при производстве фарфоровых изделий применяется кварц в виде кварцевых отходов после обогащения каолинов или чистые кварцевые пески. Большой интерес представляют кварцевые отходы Глуховецкого и Просьяновского каолиновых комбинатов, образующиеся после обогащения каолинов, и Раменский кварцевый песок. Обычно примесь неотделенного каолина в кварцевых песках, полученных при обогащении каолинов, составляет 8-10 % при мокром обогащении и до 20 % при сухом обогащении. Иногда в этих отходах после промывки остается некоторое количество каолинита и гидрослюды.

Таблица 1.30

Показатели качества кварцевого песка, используемого в производстве фарфора [7]

Показатель	Сорт	
	I	II
SiO <sub>2</sub> , %, не менее	95	93
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiO <sub>2</sub> , %, не более	0,2	0,3
CaO, %, не более	1,0	2,0
Потери при прокаливании, % не более	1,0	2,0
Содержание каолина, %, не более	1,0	2,0
Остаток на сите №4, %, не более	2,0	5,0
Влажность, %, не более	5,0	5,0

Кварцевые отходы Просяновского каолинового комбината содержат после промывки до 4-5% глинозёма, до 0,6% оксида кальция и 1,5-2% оксида калия, а также содержат зерна полевого шпата до 8- 10%. После обжига песок имеет белый цвет. По гранулометрическому составу Просяновские кварцевые отходы довольно однородны и имеют размер зерна не выше 0,1-0,8 мм.

Кварцевые отходы Глуховецкого каолинового комбината весьма нестабильны по гранулометрическому составу, имеют крупные (1 мм) и мелкие (0,1-0,8 мм) зерна. Глуховецкие отходы содержат в незначительном количестве зерна рутила, граната, оксида железа, титана, известняка и непромытого каолина (до 2-3%). После обжига кварцевые отходы имеют желтоватый цвет.

Таблица 1.31

Химический состав кварцевых отходов

Каолиновый комбинат	Содержание оксида, мас.%								
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
Просяновский	91,08	0,08	5,82	0,07	0,43	0,07	2,84	0,06	0,19
Глуховецкий	96,46	0,06	1,42	0,05	1,20	0,07	0,01	-	0,84

**Раменский** кварцевый песок (ГОСТ 22551-77). Кварцевый песок Раменского месторождения удовлетворяет требованиям по качеству кварцевого сырья, используемого в производстве фарфора, обладая при этом невысокой стоимостью и удобством транспортировки.

Таблица 1.32

Химический состав Раменского кварцевого песка

Содержание оксида, мас.%								
SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
99,27	0,03	0,34	0,03	0,05	0,02	следы	следы	0,14

Составы кварцевых песков различных месторождений можно найти в справочной литературе [8, 9].

#### 1.3.4. Характеристика пегматитов различных месторождений

Для производства фарфоровых изделий на большинстве заводов в качестве заменителей полевых шпатов применяются пегматиты Чупинского (Республика Карелия) и Енского (Мурманская обл.) месторождений.

**Чупинский пегматитовый концентрат** содержит значительное количество кварца (15-20%). Из полевых шпатов преобладает калиевая разновидность (ортоклаз) [6].

**Пегматит Енский** представлен минералами — микроклинном и плагиоклазом и кварцем, причем содержание полевого шпата составляет 65-70%, а кварца 30-35% [6].

В пегматитах не должно быть вредных примесей: оксида железа в виде натеков и железосодержащих минералов (биотит, пирит, турмалин и др.). Содержание оксида железа в пегматитах не должно превышать 0,6 %, если они предназначены для фарфоровых масс, и 0,2 % -для глазурей.

Таблица 1.33

## Химический состав Чупинского пегматитового концентрата

Содержание оксида, мас. %							
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
74,20	14,17	0,16	1,03	0,36	6,02	3,51	0,45

Таблица 1.34

## Химический состав Енского пегматитового концентрата

Содержание оксида, мас. %							
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
73,22	15,62	0,56	2,73	0,36	3,4	4,0	0,3

**Примечание.**

**Глинозем.** Для увеличения прочности, химической стойкости, регулирования значения ТКЛР иногда в состав фарфора вводят технический глинозем. Глинозем – это смесь  $\alpha$ - и  $\gamma$ - модификаций Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Наиболее активной является  $\gamma$ - модификация, она наиболее растворима,  $\alpha$ - модификация является более стабильной и химически стойкой.

Глинозем полностью растворяется в полевошпатовом расплаве, обеспечивает высокую прочность и химическую устойчивость за счет увеличения выхода муллита.

Таблица 1.35

## Химический состав технического глинозема марки ГО

Содержание, мас. %						
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
97,53	0,04	0,93	0,28	0,1	0,47	0,65

#### 1.4. Технология производства хозяйственного фарфора

Существующая технология производства фарфоровых изделий включает в себя целый ряд этапов и стадий: подготовка сырьевых материалов (хранение, измельчение, помол), получение формовочной массы (пластичной или шликера), формование изделий, подвялка, сушка сформованных полуфабрикатов, глазурирование, обжиг, декорирование, декорированный обжиг, сортировка, комплектация, упаковка. Эти изделия относятся к классу тонкой керамики, т.е. с тонким помолом массы.

В технологии фарфора используется только обогащенное сырье.

В табл. 1.36 приведен рецепт типичной фарфоровой массы, используемый на заводе ЗАО «Фарфор Вербиллок» [10].

Таблица 1.36

Рецепт фарфоровой массы

Компонент	Содержание, мас.%
Каолин Просяновский	28,7
Глина Трошковская	4,0
Глина Веселовская	10,0
Пегматит Енский	21,2
Кварцевый песок Раменский	25,1
Глинозем	2,0
Отходы политые	7,0
Отходы утельные	2,0
Всего, %	100

Метод формования из пластичных масс требует наименьших энергетических затрат, легко автоматизируется. Возможно формование изделий различного размера, имеющих форму тел вращения, на относительно несложном, высокопроизводительном оборудовании.

Метод шликерного литья применяется при формовании изделий сложной конфигурации. При отливке изделий появляется возможность транспортировать шликер на любые расстояния и изготавливать изделия сложной формы, но этот метод высокотрудоемкий, характеризуется по-



требностью значительных производственных площадей, существенными возвратными отходами [11].

Рассмотрим технологию приготовления пластичной массы. Подготовка исходных компонентов должна обеспечить для каждого составляющего керамической массы заданный химико-минералогический и гранулометрический составы, необходимую степень чистоты.

Отощающие материалы необходимо измельчить (кварцевый песок, пегматит, глинозём, подготовленный бой и брак изделий). Помол может быть как сухой, так и мокрый. Обычно используют мокрый помол в водной среде. Его проводят в шаровых мельницах периодического действия. В этом случае отсутствует пыление, и сокращается время, затрачиваемое на данную операцию.

Сухой тонкий помол каменистых материалов производят в конических шаровых, ударно-отражательных или струйных мельницах непрерывного действия. Помол в струйных мельницах практически сводит к минимуму загрязнения материала и обеспечивает высокую однородность помола с остроугольной формой частиц. Однако расход электроэнергии, потребляемой струйными мельницами, почти в 10 раз больше, чем при использовании шаровыми мельницами. Кроме того, происходит очень значительное пыление, приходится устанавливать пылеулавливающее оборудование: циклоны, гидроциклоны и т.д.

В связи с вышеизложенными положениями предпочтительным для подготовки каменистых материалов является мокрый способ.

Мокрый помол каменистых материалов можно проводить как отдельно, так и совместно с глинистыми материалами. При совместном помоле получается более однородная смесь сырьевых материалов, чем при раздельном. Однако при раздельном помоле увеличивается производительность массозаготовительного оборудования, и уменьшаются энергозатраты.

Поэтому отдельный способ измельчения сырьевых материалов глинистых и отощающих предпочтительнее. В этом случае используется возможность измельчения глин и каолинов роспуском.

Роспуск можно производить в пропеллерных мешалках. Затем полученную суспензию глинистых материалов подвергают ситовому и магнитному обогащению. Обогащенную суспензию глинистых материалов подают дозированно в смесительный бассейн, куда затем из шаровой мельницы сливается суспензия тонкомолотых отощающих материалов.

Для смешивания суспензий глин с суспензией тонкомолотых каменистых материалов, а также промежуточного хранения суспензии массы и глазури в фарфоровой промышленности применяют лопастные и пропеллерные мешалки, которые создают интенсивную циркуляцию жидкости и обеспечивают смешивание сырьевых материалов.

Ситовая очистка фарфоровой суспензии обуславливает отделение посторонних примесей, крупных частиц материалов, частичное улавливание слюды и аппаратного железа. Кроме того, ситовая сепарация используется для контроля степени помола материалов.

Обезвоживание суспензии сырьевых материалов производят на фильтрах-прессах, оно основано на отделении твердых частиц пористыми матерчатými перегородками, пропускающими воду и задерживающими твердые частицы. Твердые частицы оседают на поверхности ткани в виде коржей и удаляются из пресса после процесса обезвоживания. Обезвоживание продолжается до тех пор, пока не будет получена масса требуемой влажности.

Фарфоровая масса в виде коржей имеет неоднородный характер по химическому, минералогическому и гранулометрическому составам, выражающийся в неравномерном распределении в ней как воды, так и твердых составляющих компонентов и содержит много воздуха. Из такой массы еще нельзя изготавливать фарфоровые изделия. Для удаления воздуха,

придания однородности, пластичности и других формовочных свойств массу специально обрабатывают, пропускают через вакуум-прессы для вакуумирования и дальнейшей гомогенизации по влажности и составу. Воздух в массе играет роль отошающего компонента, ибо он разобщает глинистые частицы, поэтому вакуумирование повышает пластичность массы.

В тонкой керамике для вакуумирования массы в настоящее время наибольшее распространение имеют шнековые вакуумные прессы, дающие вакуум не менее 97—98%. После этого заготовки складываются для суточного вылёживания с целью дальнейшего усреднения по влажности. На следующие сутки заготовки подают на повторное вакуумирование при разряжении 97 – 98 %. На выходе мундштука второго вакуум-пресса устанавливается дополнительный мундштук, предназначенный для получения скалок определённого диаметра, в зависимости от ассортимента.

При формовании фарфоровых изделий необходимо скалки массы нарезать с помощью резательного устройства на заготовки, обеспечивающие минимальное количество отходов массы при формовке и обрезке краев изделий.

Плоские изделия, имеющие форму тел вращения формуют на поточно-механизированных линиях, которые комплектуются из наиболее совершенного оборудования с таким расчетом, чтобы ликвидировать ручные перестановки и передачи полуфабриката с одной операции на другую, максимально сократить число ручных вспомогательных операций и снизить затраты рабочего времени на их осуществление.

Литейный шликер приготавливают прессовым или беспрессовым способом. Прессовый способ обеспечивает получение более высококачественного и однородного шликера, этот способ требует использования рамных фильтров-прессов для обезвоживания суспензии сырьевых материалов и получения коржей с последующим роспуском их в пропеллерной мешалке обязательно с вводом разжижителей, чтобы снизить влажность

шликера до необходимых пределов (32-36%). Предпочтительным является прессовый способ, так как из массы вымываются растворимые соли, и поэтому свойства литейного шликера значительно легче регулировать.

Используются два способа литья изделий из шликера в пористые формы: наливной для крупногабаритных, плоских изделий, приставных деталей (ручек для чайников, чашек, бокалов и т.д.) и сливной – для полых изделий.

Сформованные изделия подвяливаются в формах в конвейерной полочной сушилке или на стендах до влажности 18 – 20%, при которой отливка свободно отделяется от формы.

Подвяленные изделия обрамляются, зачищаются и к ним приставляются, если надо, приставные детали, которые приклеиваются с помощью жижеля (шликер с добавкой клеящих веществ: поливинилового спирта (ПВС), карбоксилметилцеллюлозы (КМЦ), декстрина и др.).

Для придания полуфабрикату механической прочности, необходимой для последующих технологических операций, его подвергают сушке.

Сушка производится в конвейерной полочной сушилке до влажности 2%. Время сушки 2 – 3 часа. Достоинством конвейерных сушилок является то, что в них в качестве теплоносителя используется нагретый воздух из туннельной печи. Следовательно: низкий удельный расход теплоты, воздуха и электроэнергии.

Так как из фарфора часто изготавливаются тонкостенные изделия, обжиг ведется в несколько этапов: первый – уфельный обжиг, второй – политой обжиг, третий – обжиг декора.

Уфельный обжиг можно проводить в щелевой рольганговой печи или туннельной печи. При уфельном обжиге удаляется механически и химически связанная влага, завершается процесс разложения глинистых минералов, происходит дегазация черепка, черепок приобретает необходимую механическую прочность и неразмокаемость. Операция первого обжига

необходима для изделий, подвергающихся впоследствии процессу глазурования, основанному на способности керамического черепка впитывать в себя влагу без размокания и коробления. Обжиг ведется до водопоглощения 18-20%, которое необходимо для качественного нанесения глазурного покрытия.

Обжиг изделий в туннельных печах производится на печных вагонетках. Садку изделий на вагонетки производят вручную. Разборку вагонетки после обжига также производят вручную. Время обжига от 10 до 20 часов. Это требует больших энерго- и трудозатрат.

Поэтому в настоящее время утельный обжиг производят в основном в конвейерных щелевых рольганговых печах. В отличие от туннельных печей, в рольганговых изделия обжигаются на поддонах, которые продвигаются вдоль печи на рольганговом конвейере. Изделия на поддоны устанавливаются на выносной части рольганга на входе в печь. Выборка изделий происходит на выносной части выхода из печи. Время обжига составляет 2-5 часов. Обжиг ведется до водопоглощения 18-20%, которое необходимо для последующего качественного нанесения глазурного покрытия.

Глазурование можно производить несколькими способами: погружением, поливом, пульверизацией, комбинированным.

Метод окунания применяют для глазурования плоских, полых и других изделий хозяйственного назначения, при этом используются глазуровочные машины и полуавтоматы, обеспечивающие высокое качество покрытия.

Поливом глазуруют полые и плоские хозяйственные изделия.

Метод пульверизации позволяет глазуровать изделия любых размеров, форм, с черепком разной прочности, пористости.

Политой обжиг можно производить в туннельных печах разных конструкций. Длина обычной туннельной печи около 100м и время обжига изделий составляет 24-30 часов, температура обжига 1380 – 1430 °С. Разра-

ботаны щелевые туннельные печи типа ПАС (печь автоматизированная скоростная). Они имеют длину 30м, главным их достоинством является скоростной обжиг, который составляет 4- 5 часов.

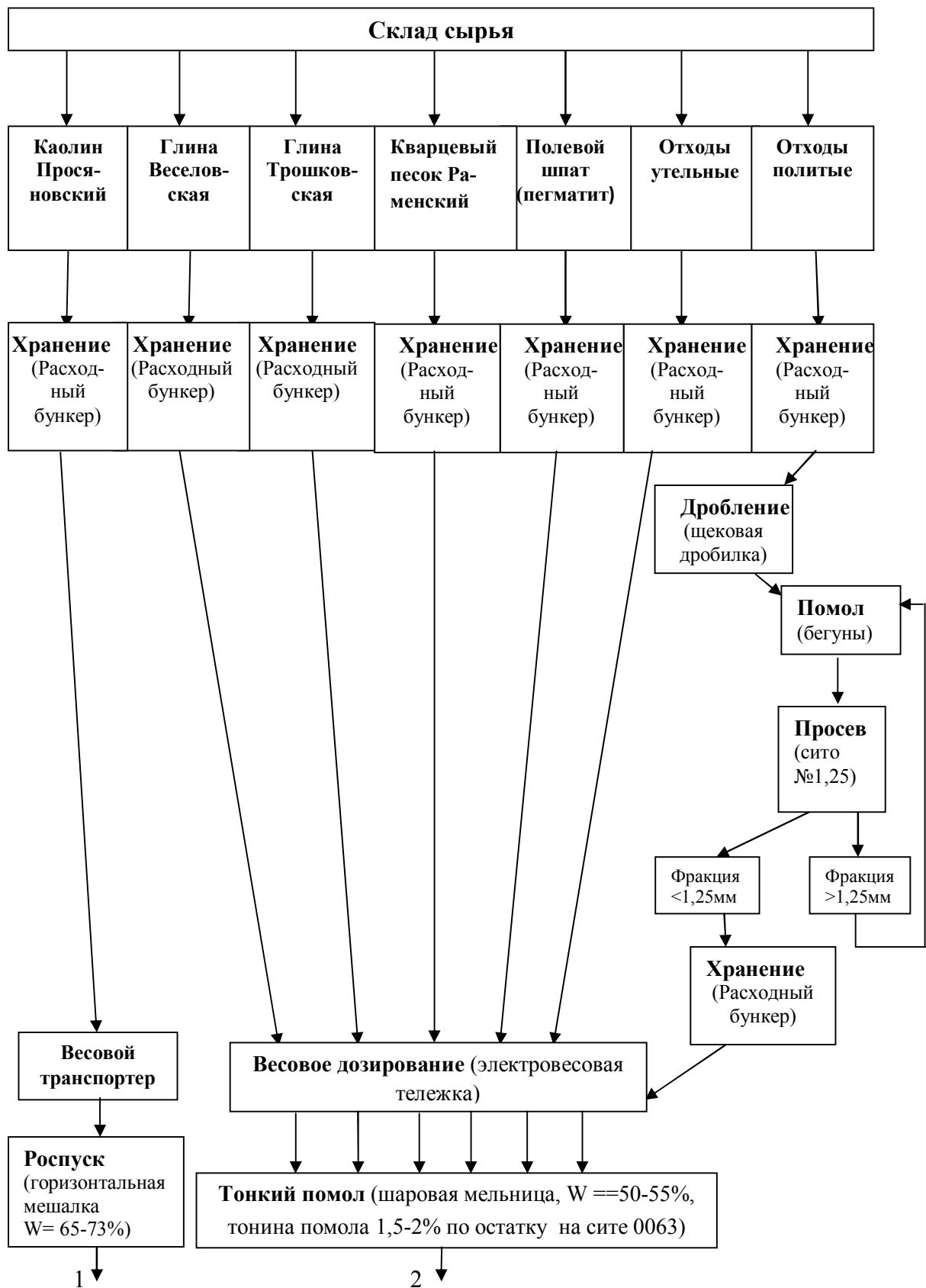
Завершающими стадиями в производстве фарфоровых изделий является декорирование и закрепление декора обжигом. Это трудоемкий и дорогостоящий процесс. Поэтому перед декорированием производят сортировку, разбраковку изделий, чтобы отобрать заведомо некачественные изделия и отправить их либо в бой, либо в несортную продукцию.

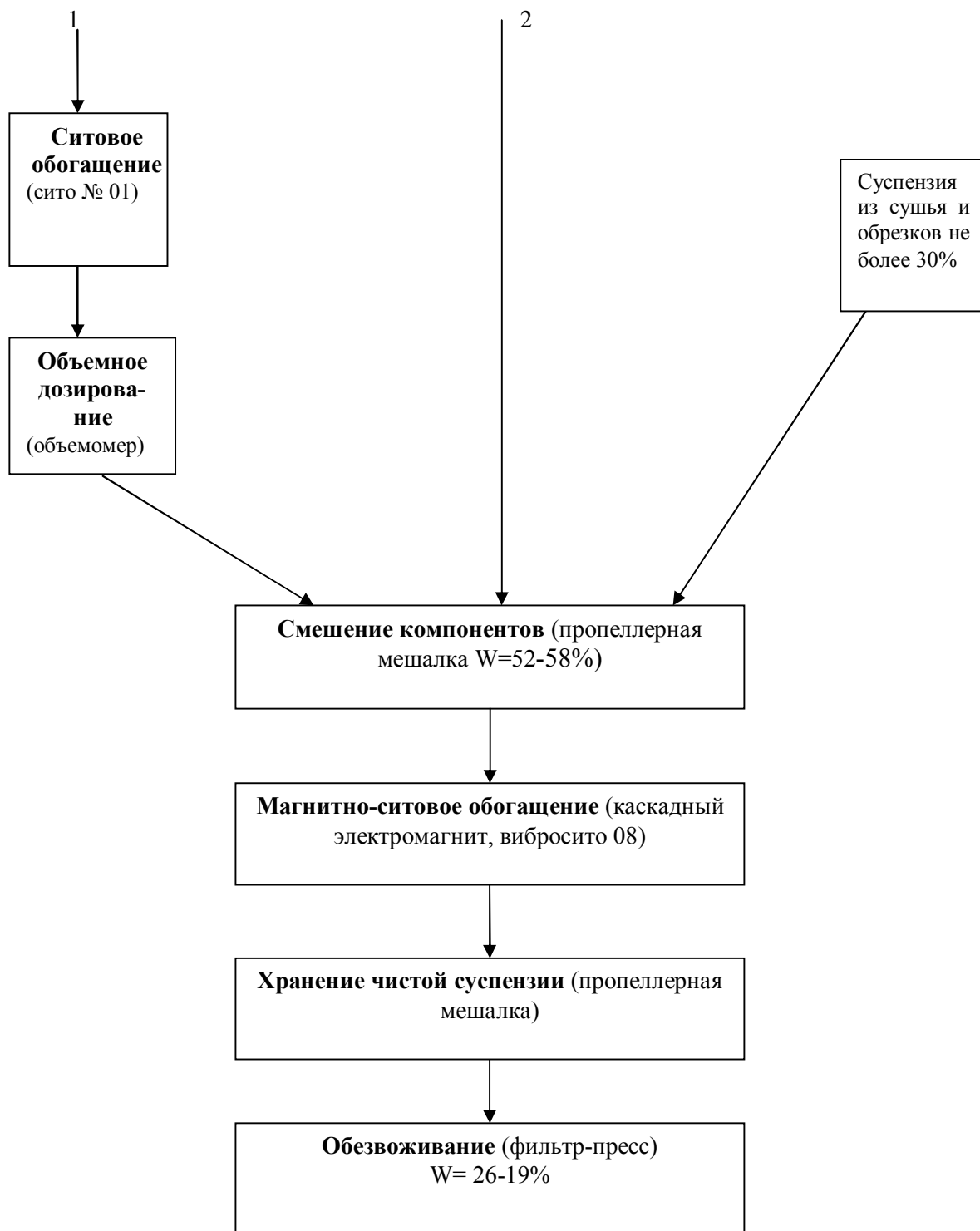
Декорирование производят методами ручной росписи, шелкографии, декалькомании, отделкой лентами, усиками, штампом и т.д. Затем декорированные изделия направляют на декорированный обжиг.

Для декорированного обжига применяются конвейерные щелевые роликовые печи. Обжиг длится 2-3 часа, температура зависит от применяемых красок, от 600 до 800°С.

# 1.5. Технологическая схема производства фарфоровых изделий методом пластического формования

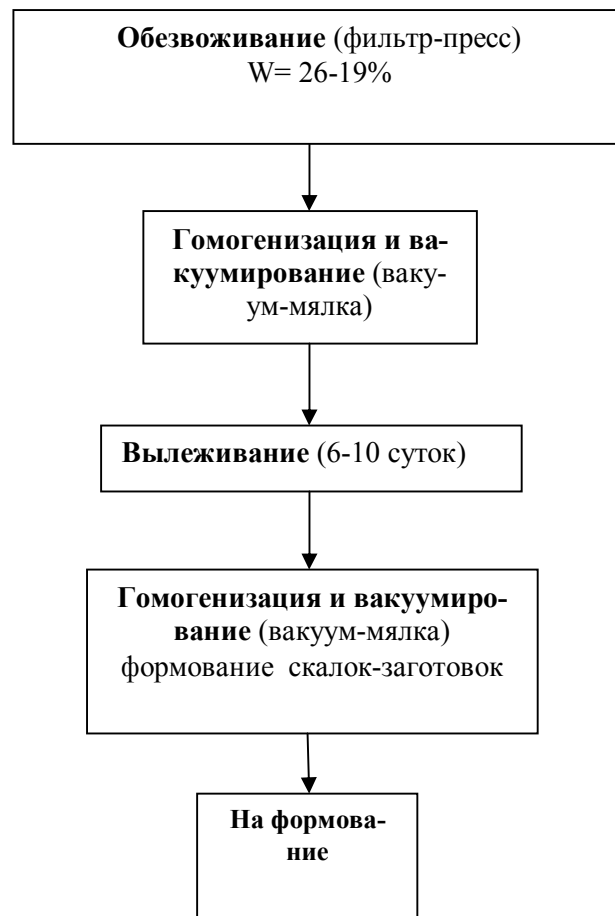
## Отделение подготовки фильтр-прессной массы



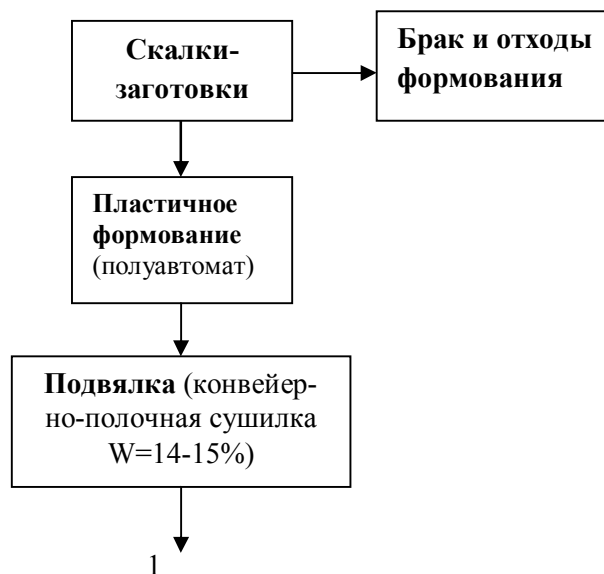


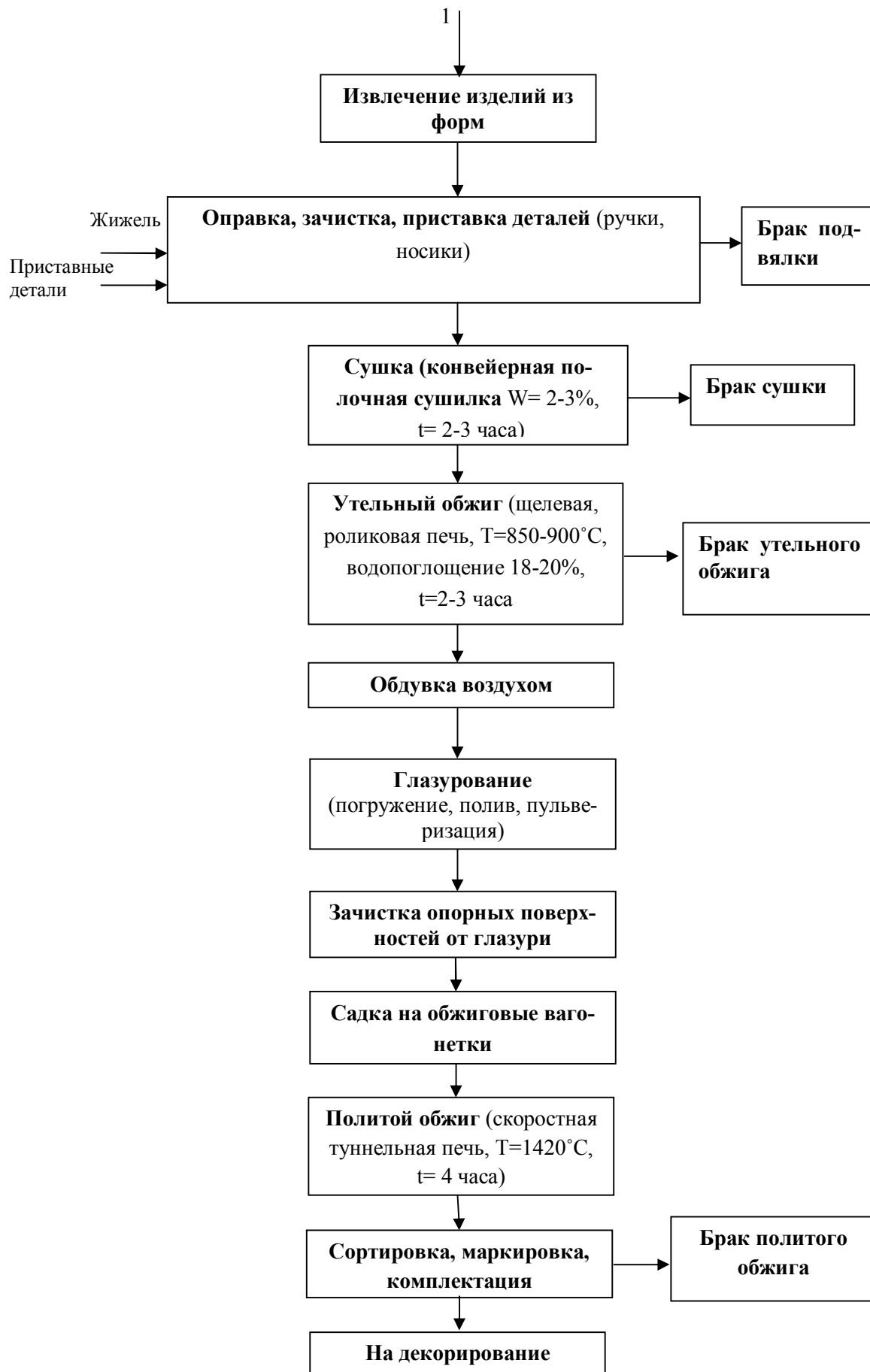


## Отделение подготовки пластичной массы

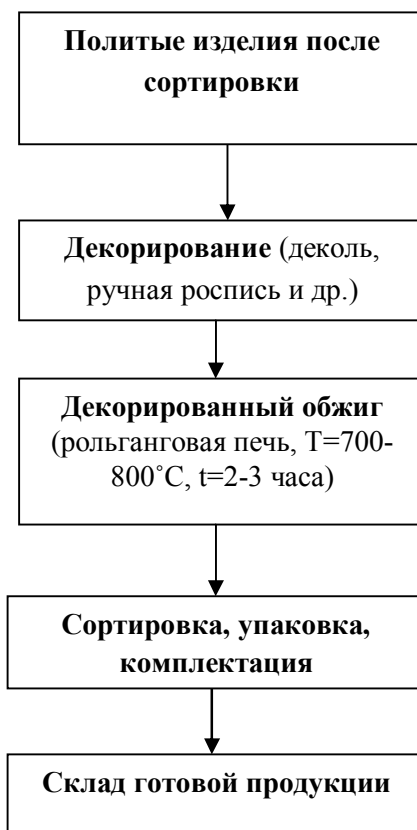


## Отделение формования, сушки и обжига





## Живописное отделение



### 1.6. Описание технологической схемы производства фарфоровых изделий методом пластического формования

#### Отделение подготовки фильтр-прессной массы

##### *Подготовка сырьевых материалов*

Все поступающие на завод сырьевые материалы хранят на заводской площадке в отсеках крытых складов, надежно защищающих сырье от пыли, грязи, атмосферных осадков и загрязнений посторонними примесями. Каждый отсек снабжен биркой или табличкой с указанием наименования и сорта хранимого материала. Выгрузку сырья с транспортных средств в отсеки склада завода производят под наблюдением лаборанта и контролера ОТК. Среднюю пробу сырья отбирают в момент разгрузки, при этом производят тщательный визуальный осмотр материала для выявления посто-

ронных включений и вредных примесей (уголь, земля, известь и т.п.), на что составляется акт приемки. Качество всех сырьевых и вспомогательных материалов контролируется на соответствие требованиям ГОСТ и ТУ.

### ***Первичная обработка сырья***

Бой обожженных изделий, идущих в производство, перед дроблением очищается от посторонних включений. Дробление политого боя производится сначала в щековой дробилке, а затем в бегунах с последующим просевом через сито 1,25.

Кварцевый песок, глина, каолин, глинозем и полевошпатовое сырье идут в производство без предварительной подготовки.

Сырье хранится в отсеках с соответствующими надписями и подается в расходные бункера с помощью мостового крана с грейферным захватом. Из расходных бункеров сырье с помощью питателей поступает на соответствующие технологические линии.

### ***Приготовление суспензии отощающих***

Отощающее каменистое сырье (кварцевый песок Люберецкий, полевой шпат Енский, глинозем, уфельный бой, политый бой и брак, который прошел первичную обработку), поступают из расходных бункеров в электровесовую тележку для взвешивания. Затем взвешенное сырье из электровесовой тележки загружается в шаровую мельницу мокрого помола. Кроме того в мельницу для ускорения помола, в качестве мельничной добавки, вводят глину Веселовскую. Трошковская глина тоже поступает на помол в шаровую мельницу, т.к. ее исключительные свойства раскрываются только после тонкого помола. В шаровую мельницу также загружены мелящие тела. Тонкое измельчение компонентов массы проводят до получения остатка 1,5-2,0% на сите № 0063. Помол рекомендуется вести дифференцированно, т.е. сначала измельчать в шаровой мельнице кварцевый песок, политый череп и Веселовскую и Трошковскую глины, после чего догружать и размалывать полевошпатовые материалы и уфельный череп.

Воду в шаровую мельницу рекомендуется заливать через водомеры и фильтры из сеток № 0125 или № 014 с прокладкой из войлока или стекловаты. Оптимальное весовое соотношение мелющих тел, размалываемых материалов и воды 1,5:1,0:1,0. Продолжительность помола в шаровой мельнице 10 – 12 часов, влажность суспензии составляет 50 – 55%. Приготовленная суспензия, сливается в бассейны с пропеллерной мешалкой, где уже находится необходимый объем суспензии каолина.

### ***Приготовление суспензии каолина***

Каолин из расходного бункера подается на весовой транспортер, а затем поступает на роспуск в горизонтальную мешалку. При роспуске используют подогретую воду, что ускоряет данный процесс. Влажность каолиновой суспензии 60-65%. Время роспуска не менее 3 часов. Затем полученная суспензия проходит ситовое обогащение (сито № 01) и при помощи объемомера дозируется в бассейн с пропеллерной мешалкой.

### ***Обезвоживание суспензии***

Суспензии каолина и отошающих смешиваются в бассейне с пропеллерной мешалкой. Полученная суспензия еще раз очищается, производится ситовое обогащение. Ситовое обогащение суспензии следует вести через латунные или медные сита № 01. При ферромагнитном очищении удаляют соединения железа, обладающие магнитными свойствами (за счет этого происходит отбеливание). Во избежание прорыва основной сетки на виброситах рекомендуется устанавливать дополнительную сетку № 0125. Готовая обогащенная суспензия должна иметь тонину помола, характеризующуюся остатком 0,5-1,0% на контрольном сите № 0056. Затем полученная смесь поступает в бассейн чистой суспензии. Из него с помощью мембранного насоса суспензия подается на фильтр-пресс. Обезвоживание суспензии производят на фильтрах-прессах периодического действия, оборудованных гидравлическими или механическими зажимными устройствами для получения влажности 20% – для изделий простой конфигурации

(тарелок, блюд), для изделий сложной конфигурации влажность 25%. Зажим щитов на прессах периодического действия с гидравлическим затвором ведут при удельном давлении 1,2-1,5 МПа. Время обезвоживания составляет от 1,5 до 4 часа. Окончание процесса устанавливается по стеканию ретурных вод. В качестве фильтровальных полотен используют ткани из хлопчатобумажной пряжи или синтетического волокна.

### ***Отделение подготовки пластичной массы***

#### ***Подготовка пластичной массы***

Полученная через фильтр-пресс масса неоднородна по влажности, в ней содержится до 10% воздуха, который заполняет поры или адсорбирован поверхностью глинистых частиц. Воздушные пузырьки действуют как отошители и снижают пластичность керамических масс, способствуют повышению упругих деформаций при пластическом формовании, образуя расслоение, микротрещины. Объем воздуха в свежеприготовленной массе составляет 5- 15%, после вакуумирования он снижается до 0,3-0,4%.

Поэтому обезвоженную массу перемешивают в вакуум-мялках. После вакуумирования масса уплотняется и выдавливается в виде цилиндрического бруса диаметром 100 мм. Далее масса вылеживается в закрытом помещении в условиях повышенной влажности не менее 10 суток. Вылеживание способствует частичному распределению влаги, более полной гидратации глинистых частиц, разложению органических примесей и т.д.

Затем массу снова подвергают вакуумированию, так как во время вылеживания масса успевает в определенной степени обогатиться воздухом и потерять часть своих качеств, влияющих на формование, сушку и обжиг полуфабриката. Далее формуют заготовки в виде цилиндров различных диаметров, которые зависят от размеров и формы изделий.

Подготовленную к формованию массу укладывают на специальные столы или в отсеки, покрытые чистыми влажными полотнами, без остатков на них сухой массы.

Изготовление полуфабриката в формовочных цехах производят точно-механизированным методом, избегая накапливания и хранения изделий на промежуточных стадиях обработки, поскольку это приводит к увеличению боя и потерь.

### ***Формование фарфоровых изделий***

Методом пластического формования получают плоские изделия (блюдца, тарелки) и полые изделия в форме тел вращения. Изделия этим методом изготавливаются на полуавтоматах.

При формовании полых изделий частота вращения формующего ролика 450-500 об/мин, а для формования плоских изделий 120 – 200 об/мин. Формующие ролики должны быть снабжены устройством для электрообогрева до температуры 90°С в случае получения полых изделий и до 90 – 130°С – в случае плоских изделий, чтобы создать воздушно-паровую пленку. Эта пленка обеспечивает скольжение между массой и роликом и не дает прилипнуть пласти к формующему ролику. Еще одним отличием формования полых изделий от плоских является форма заготовки (заготовкой для полых изделий служит шарообразный или цилиндрический ком массы), а также то, что у плоских изделий шаблоном оформляется преимущественно внешняя сторона, а у полых, наоборот, — внутренняя.

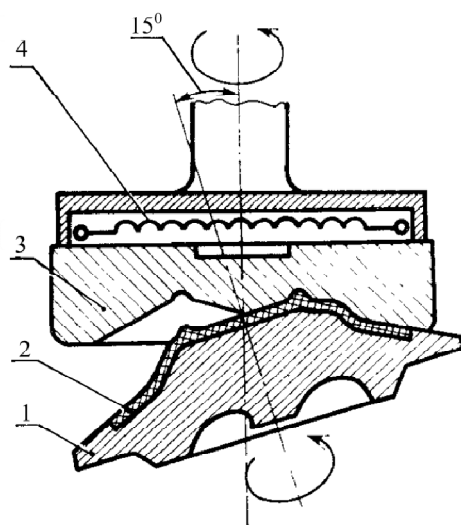


Рис.1.2. Схема формования плоских изделий роликовым шаблоном: 1 - гипсовая форма; 2 – масса; 3 – ролик; 4 – нагревательный элемент

При формировании чайников, сливочников и других полых изделий появляется дополнительная операция. После формовки изделий на гипсовых и полихлорвиниловых формах (ПХВ) они подвяливаются, потом происходит приставка деталей.



## Отделение сушки и обжига

### *Подвялка*

Сформованные изделия подвяливаются в гипсовых формах в конвейерной полочной сушилке до влажности 14 – 15%, при которой полуфабрикат свободно отделяется от формы, температура подвялки не превышает 70°C.

Подвяленные изделия оправляются, зачищаются. К полым изделиям, если это необходимо, осуществляется приставка деталей.

Плоские изделия, снятые с форм, ставят ровными стопками. Количество изделий в стопках не должно превышать 6 штук. Далее изделия при помощи ленточного транспортера подаются на сушку в конвейерную полочную сушилку.



## *Сушка полуфабриката*

Для придания отформованным изделиям механической прочности, необходимой для последующих технологических операций, их подвергают сушке. В процессе сушки происходит удаление воды, сопровождающееся уплотнением (усадкой) отформованного изделия (полуфабриката) за счет объемных изменений.

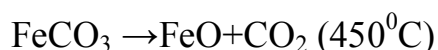
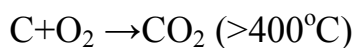
Усадочные изменения в полуфабрикate протекают неравномерно по всему объему изделий, что может привести к появлению напряжений и, как следствие, к браку в виде коробления (деформации) и трещин. Поэтому очень важно правильно выбрать режим сушки и параметры сушильного агента — нагретого воздуха.

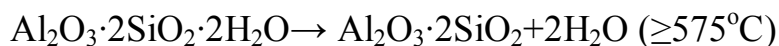
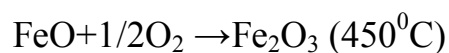
Сушка производится в конвейерных полочных сушилках до влажности 2%. Время сушки 2 – 5 часов в зависимости от габаритов полуфабриката. После сушки изделия транспортируют с помощью конвейерного полочного накопителя на уфельный обжиг.

### *Уфельный обжиг*

**Уфельный обжиг** проводят в щелевых рольганговых печах при температуре 800 - 900<sup>0</sup>С. Время обжига составляет от 2-7 часов в зависимости от ассортимента. Изделия могут устанавливать в печи в стопках (тарелки, блюда), в спарку или на бомзах (чашки и др.).

При уфельном обжиге удаляется механически и химически связанная влага, черепок приобретает необходимую прочность и неразмокаемость при достаточной для впитывания глазури пористости. Реакции взаимодействия исходных компонентов массы протекают в твердой фазе. При уфельном обжиге черепку придается механическая прочность, так как завершается процесс разложения глинистых минералов, происходит дегазация черепка.





Операция первого обжига необходима для высокохудожественных и тонкостенных изделий, подвергающихся впоследствии процессу глазурования, основанному на способности керамического черепка впитывать в себя влагу без размокания и коробления.

Обжиг ведется до водопоглощения 18-20%, которое необходимо для качественного нанесения глазурного покрытия.

### ***Обработка керамических изделий и глазурование***

Глазурь – тонкий стекловидный слой толщиной 0,1 – 0,3 мм, который формируется в процессе политого обжига из тонкомолотых материалов, наносимых в виде суспензии на поверхность изделия.

### ***Приготовление глазури***

В производстве фарфора применяются глазури, разливающиеся при температуре 1200-1400<sup>0</sup>С. Для фарфоровых изделий используются сырые глазури.

Таблица 1.37

Химические составы некоторых глазурей для твердого  
хозяйственного фарфора, мас.%

Глазурь	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	ZnO
Для унифицированного отечественного фарфора	72,40	0,20	0,05	13,67	6,16	2,44	3,28	1,20	0,60
«Императорский фарфоровый завод»	73,44	0,25	0,16	15,82	6,22	1,94	1,75	0,42	-
ЗАО «Фарфор Вебилок»	71,54	0,20	0,23	16,75	6,59	3,82	0,25	0,62	-

## Шихтовой состав глазури ЗАО «Фарфор Вебилок»

Компоненты	Масса глазури, мас. %
Каолин Просяновский	5,0
Кварцевый песок Люберецкий	32,0
Пегматит	34,0
Доломит	12,0
Отходы политые	17,0
Всего, %	100

Сырая глазурь получается совместным помолом сырьевых компонентов. Все сырьевые материалы обогащены и подготовлены к производству фарфора. Кварцевый песок, каолин, доломит, полевошпат и предварительно подготовленные отходы политые транспортируются на весовое дозирование, после чего загружаются на помол в шаровую мельницу. Для помола применяются кремневые шары. Соотношение шары: материалы: вода должно быть 1,5:1,0:0,9. Помол производится до остатка на сите №0056 не более 0,05%. Время помола 36-46 часов. Влажность глазурной суспензии 45-50%. Глазурь транспортируется самотеком по трубопроводу на обогащение на ситах №008 и №009. Далее обогащенная глазурная суспензия проходит магнитное обогащение для удаления включений соединений железа. Готовая глазурь хранится в сборнике с пропеллерной мешалкой. Для транспортировки установлен насос, который транспортирует глазурь на рабочие места по мере необходимости.

Способы нанесения глазурной суспензии на изделие определяются видом изделий (полые, плоские), состоянием изделий (высушенные, обожженные на утель), характером производства. Различают глазурование способом погружения, полива и пульверизации (в обычных условиях или в электростатическом поле).

Любой способ должен обеспечивать высокое качество глазурного покрытия, минимальные отходы при глазуровании, высокую производи-

тельность и возможность быстрой переналадки в зависимости от вида глазуруемых изделий.

Глазурованные изделия направляются на замывку ножки и края чашки и при помощи полочного накопителя поступают на садку на обжиговые вагонетки.

### *Политой обжиг*

С помощью полочного накопителя изделия поступают на садку на обжиговые вагонетки для политого обжига. Существует несколько способов установки изделий на вагонетки: капсульный способ, бомзовый метод, метод вспарку.

Для тарелок и блюдец применяется капсульный способ. При этом способе используют капсуля с вырезанным дном, на кромки которых краями опираются подставки с тарелками. Тарелки стопками загружают в капсуля. Такой способ загрузки позволяет увеличить количество изделий в стопке и облегчить условия труда.

Для чашек применяется метод вспарку. Изделия склеивают при помощи пасты (электрокорунд, каолин), для того чтобы одно изделие держало другое, и таким образом предотвращалась деформация изделий.

Для тонкостенных чашек, полоскательниц, тиглей и других легко деформирующихся изделий применяют бомзовый метод. Во избежание нарушения формы изделия обжигают на бомзах – кружках с кольцевыми канавками, диаметр которых соответствует диаметру изделий [12].

Политой обжиг – это обжиг изделий после нанесения глазури, придает изделиям необходимые эксплуатационные свойства: термостойкость, механическую прочность, химическую стойкость, водонепроницаемость, газонепроницаемость и др. В процессе обжига в керамическом черепке происходят необратимые физико-химические процессы, придающие ему декоративные и технические свойства. Политой обжиг производится в

туннельной печи. Время обжига 24-30 часов, максимальная температура 1400°C.

*1 период:* (20-250°C) удаление свободной воды;

*2 период:* (250-1040°C) – строго окислительная среда

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  ( $\geq 575^\circ\text{C}$ ) (остаток после уфельного обжига)

$\beta$ -кварц  $\leftrightarrow$   $\alpha$ -кварц (575°C),  $\alpha$ -кварц  $\rightarrow$   $\alpha$ -тридимит (870°C)

$\text{CaCO}_3 \leftrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$  (920°C)

$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$  (700-1040°C) (коксовый остаток);

*3 период:* (выдержка при 1040°C) – строго окислительная среда для обеспечения полного выгорания углерода

$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$

$3(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2) \rightarrow 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + 4\text{SiO}_2$  аморфный ( $\geq 1050^\circ\text{C}$ )

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_{3(\text{ам})} + 2\text{SiO}_{2(\text{ам})}$  ( $\geq 1050^\circ\text{C}$ );

*4 период:* (1050-1250°C) – восстановительная среда

$2\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 4\text{FeO} + \text{O}_2$  ( $\geq 1150^\circ\text{C}$ )

$2\text{FeO} + \text{SiO}_2 \rightarrow 2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$  (фаялит – отбеливание черепка) ( $\geq 1150^\circ\text{C}$ )

$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_{2(\text{кр})} \rightarrow$  расплав ( $\geq 1118^\circ\text{C}$ )

$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_{2(\text{кр})} \rightarrow$  расплав ( $\geq 1150^\circ\text{C}$ )

( $\alpha$ ,  $\gamma$ )-  $\text{Al}_2\text{O}_{3(\text{ам})}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_{3(\text{ам})}$  и  $\text{SiO}_{2(\text{ам})} \rightarrow$  растворение в полевошпатовом расплаве ( $\geq 1150^\circ\text{C}$ )

*Кристаллизация из расплава*

$\text{Al}_2\text{O}_{3\text{ам}} + \text{SiO}_{2\text{ам}} \rightarrow 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  (муллит игольчатый) ( $\geq 1150^\circ\text{C}$ );

*5 период:* (1250-1400°C) – слабовосстановительная среда

Выдержка при 1400°C: спекание черепка, усадка, разлив глазури по поверхности черепка, образование промежуточного контактного слоя между черепком и глазурью;

*6 период:* (1400-1000°C) – окислительная среда

Резкое охлаждение, чтобы предотвратить кристаллизацию стеклофазы черепка и глазурного слоя;

*7 период:* - воздушная среда

1000-700°C – замедление скорости охлаждения, чтобы избежать возникновения внутренних напряжений в стекловидной фазе

650-500°C - замедление скорости охлаждения из-за полиморфного превращения  $\alpha$ -кварц  $\leftrightarrow$   $\beta$ -кварц (575°C), сопровождающегося уменьшением объема зерен кварца на 0,84%

Ниже 500°C – увеличение скорости охлаждения с учетом термостойкости изделий.

### ***Сортировка***

После политого обжига так называемое «белье» поступает в сортировочный цех. Первичную сортировку изделий, поступающих из печного цеха, производят путем внешнего их осмотра и разделения на следующие группы: годные изделия, изделия, требующие дополнительной обработки, зачистки, шлифовки и полировки; технологические отходы и бой. Обработка ножки полого изделия осуществляется с помощью абразивного круга, края обрабатываются шлифованной шкуркой.

Рассортированную продукцию маркируют, наносят при помощи штампа определенный товарный знак (клеймо), утвержденный для данного завода, соответствующего цвета, с указанием сорта изделия. Товарный знак ставится по центру дна изделия надглазурными красками (керамическая краска с натуральной олифой) следующих цветов с последующим закреплением их обжигом: I сорт - красного цвета; II -зеленого цвета. После сортировки изделие с помощью цепного люлечного конвейера поступает на декорирование.

## **Живописное отделение**

### ***Декорирование***

Декорирование изделий возможно различными способами – ручная роспись, деколь, трафарет, печать, аэрография и т.д.

Для ручной росписи применяется надглазурная керамическая краска, препараты жидкого и порошкообразного золота, серебра, платины и т.д. Керамические краски состоят из красящих пигментов (оксиды и соли металлов хромофоров, шпинели), флюса (легкоплавкое стекло) и различных добавок (терпентиновое масло, декстрин, глицерин), вводимых для большей их устойчивости и повышения интенсивности тона.

На чашки может наноситься деколь. Деколи – переводные картинки, которые изготавливаются на гуммированной бумаге методом шелкотрафаретной печати. При нанесении на глазурованное изделие, деколь опускают в сосуд с водой и дают ей намокнуть, затем наносят и разглаживают до исчезновения пузырей и складок.

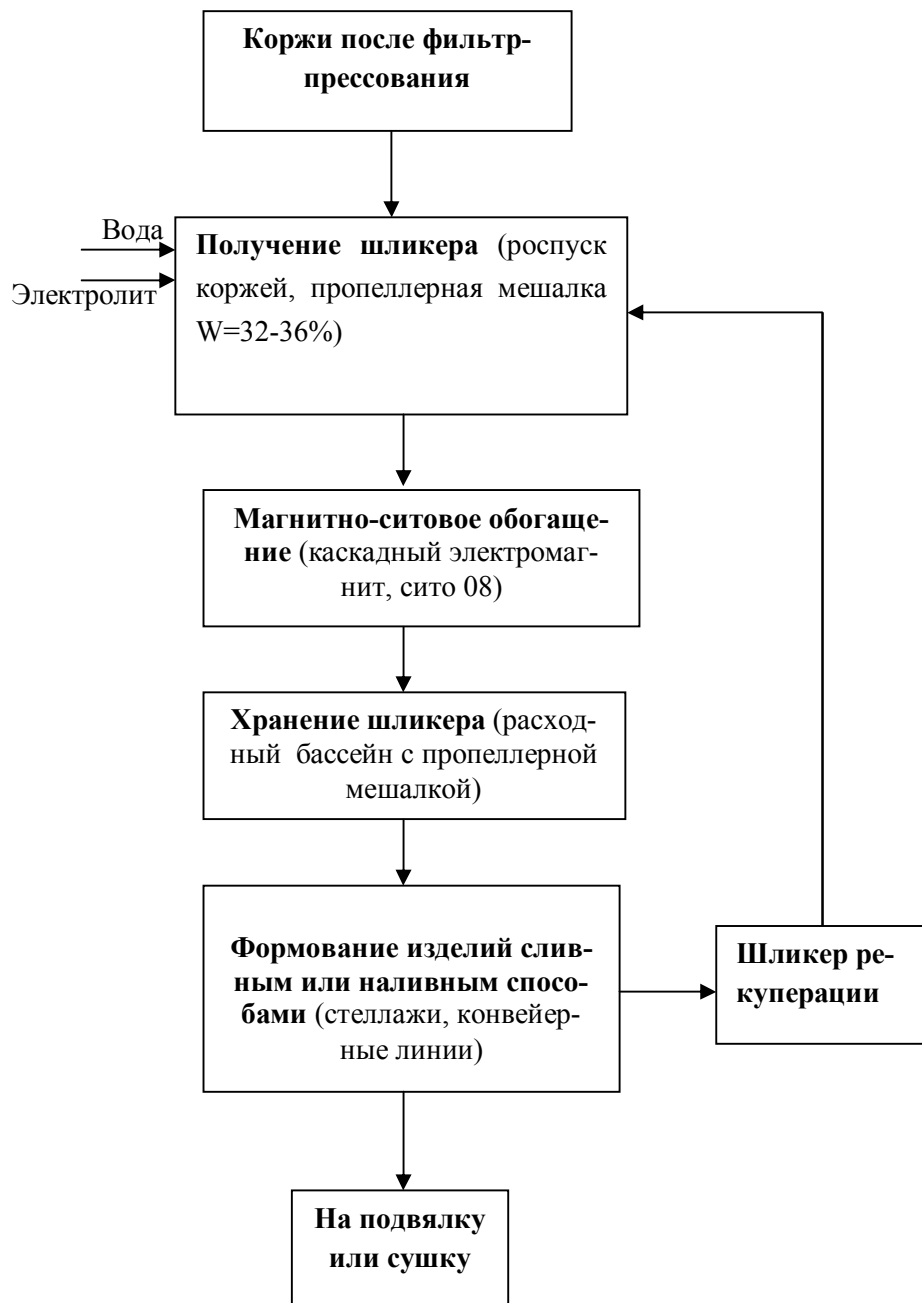
### ***Декорированный обжиг***

После декорирования нанесенный рисунок закрепляют обжигом. Для этих целей используют щелевые роликовые муфельные печи. Длительность обжига 4-5 часов, температура зависит от применяемых красок, максимальная 820 °С. В печи при обжиге необходимо поддерживать строго окислительную среду с удалением выделяющихся отходящих продуктов краски в атмосферу. После обжига изделия при помощи цепного люлечного конвейера поступают на сортировку, упаковку и комплектацию.

### ***Сортировка, упаковка и комплектация изделий***

В зависимости от наличия дефектов годные изделия рассортировывают на три сорта и ставят клеймо: 1-й сорт – красное, 2-й сорт – синее, 3-й сорт – зеленое. Изделия, предварительно упаковывают в термоусадочную пленку, а затем в картонные коробки. Упакованные изделия при помощи люлечного транспортера поступают на склад готовой продукции. Хранят готовые изделия отдельно по видам и сортам.

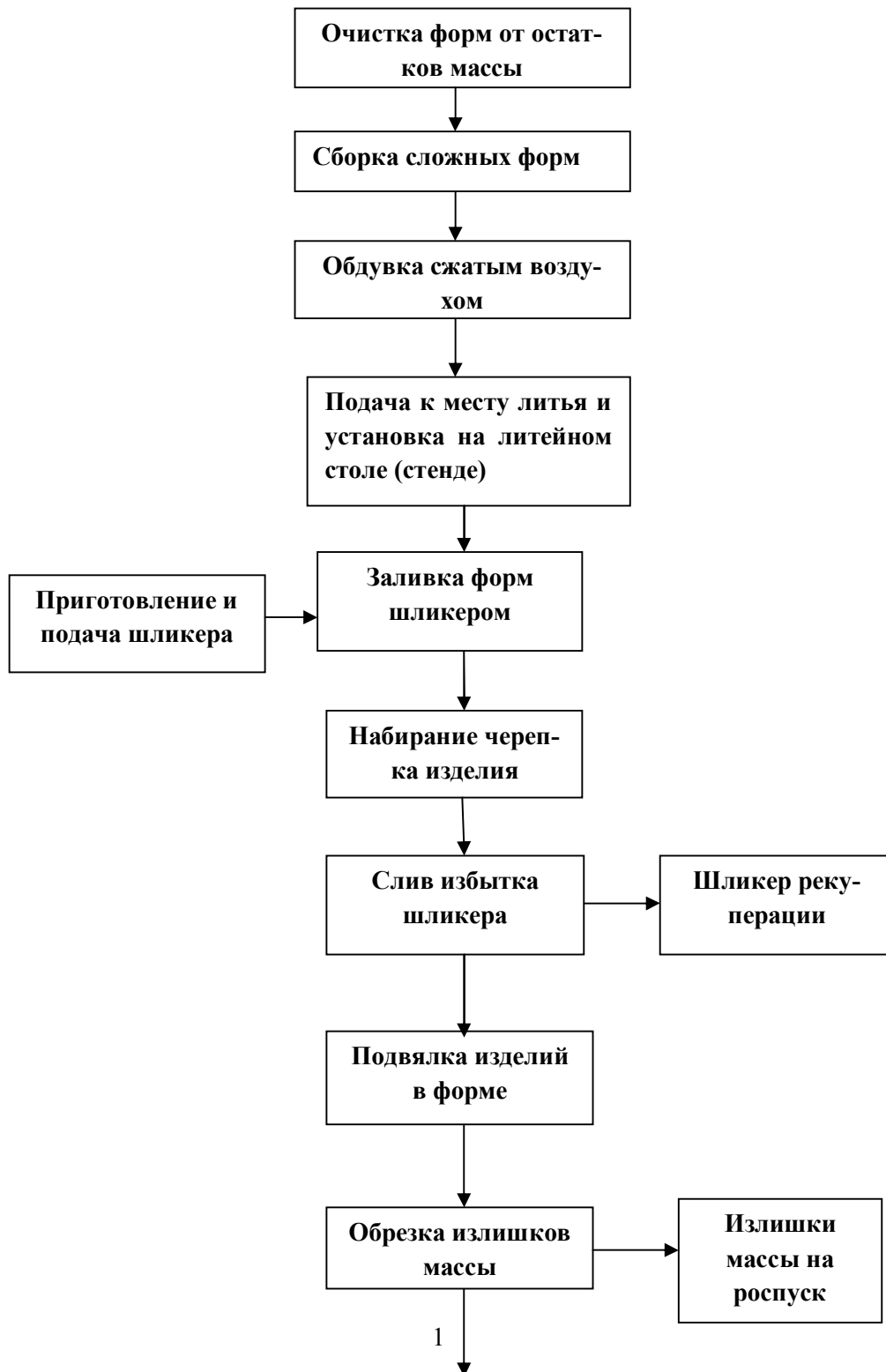
**1.7. Технологическая схема производства фарфоровых изделий  
методом шликерного литья  
Получение литейного шликера прессовым способом**

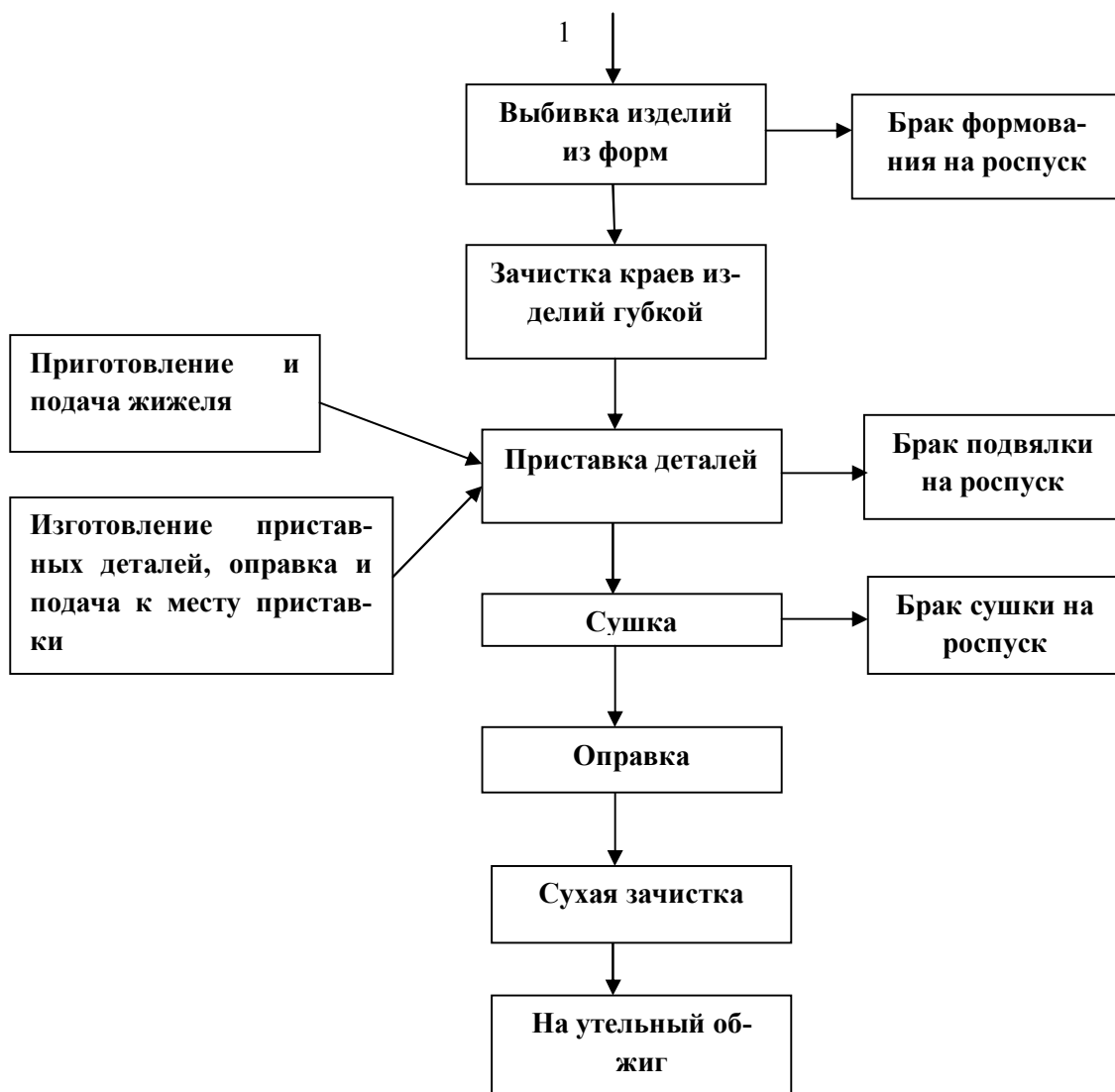




## Отделение формования и сушки

Формование сливным способом изделий с приставными деталями.





### 1.8. Особенности технологической схемы производства фарфоровых изделий методом шликерного литья

Подготовка сырья и приготовление суспензий каолина и отощающих аналогичны тем, что описаны выше в технологии с пластичным формованием.

#### Отделение подготовки литейного шликера

Полученные при фильтр-прессовании коржи или брак формования, подвялки и сушки распускают в пропеллерных мешалках, с добавлением электролитов: соды, жидкого стекла 0,1-0,2% от массы сухого вещества шликера.

Для повышения прочности изделий в шликер рекомендуется добавлять 1–2% водный раствор карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) при концентрации 0,3–0,4% от массы сухого материала шликера.

Приготовленный шликер подвергается последовательно ситовому, а затем магнитному обогащению на обогатительных установках. Ситовое обогащение осуществляется на ситах №02. Затем шликер при помощи мембранных насосов подаётся в расходные мешалки.

### **Отделение формования**

Изделия сложной конфигурации, а также тонкостенные изделия изготавливают методом литья в пористые формы. Метод литья осуществляют вручную или на литейных полуавтоматах и механизированных установках.

Применяют следующие способы формования литьем: сливной и наливной.

При **сливном** способе шликер подается в заранее подготовленные чистые гипсовые формы. После набора стенок изделия требуемой толщины шликер, налитый в форму, сливают. Набор стенки осуществляется односторонне — внутренней поверхностью гипсовой формы. При заливке шликера в форму необходимо следить за тем, чтобы струя шликера не била в стенку формы, не «захватывала» воздух. Шликер должен равномерно без вспенивания заполнять форму. Это достигается при использовании специального наконечника – литейного конуса, прикрепляемого к резиновому шликеропроводу. Сливной способ прост, однако шликера расходуется больше, толщина стенок неравномерна, так как набор черепка происходит односторонне.

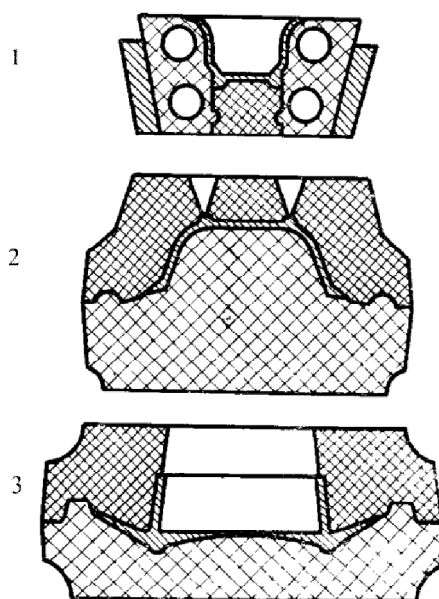


Рис.1.3. Гипсовые формы для отливки: 1 – сливным способом; 2 – наливным; 3 – комбинированным

Используют сливной метод для литья корпусов чашек, чайников, сливочников и др. и других полых изделий из шликера с  $W=36\%$ . На литьевые стенды и конвейерные линии шликер подается из расходных мешалок при помощи мембранного насоса. Далее отлитые изделия поступают в формах на подвялку

При **наливном** способе шликер подается в заранее подготовленные чистые гипсовые формы. Набор стенок изделия осуществляется между двумя стенками гипсовой формы. Шликер непрерывно доливают в форму до полного заполнения ее массой. Этим способом изготавливают ручки для чашек, крупногабаритные плоские изделия. Из расходных мешалок шликер с  $W=32\%$  по шликеропроводу поступает на литьевые столы, где происходит отливка в гипсовые формы. Далее отлитые изделия поступают на подвялку в формах.

Все последующие операции такие же, как ранее описанные в технологической схеме с пластическим формованием изделий.

## 2. МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ФАРФОРА

### 2.1. Общие сведения к расчету материального баланса

Рассмотрим пример расчета материального баланса завода по производству изделий из хозяйственного фарфора методом пластического формования.

Исходными данными для расчёта материального баланса являются:

- 1) годовая производительность завода, определяемая заданием;
- 2) ассортимент выпускаемой продукции;
- 3) технологические параметры производства: влажность сырьевых материалов, промежуточных суспензий и полуфабрикатов;
- 4) нормы потерь и брака на отдельных технологических операциях;
- 5) шихтовые составы массы и глазури.

Материальный баланс производства составляют в расчёте на годовую производительность. Для этого производят расчёты в направлении, противоположном движению материалов (полуфабриката) по технологической нитке [13, 14]. Количество материалов (изделий) на каждом следующем переделе ( $R_i$  в т/ч или шт/ч) по сравнению с предыдущим ( $R_{i-1}$ ) вычисляют с учетом технологических потерь или брака ( $x_i$  в мас.%) по следующей формуле:

$$R_i = \frac{R_{i-1} \cdot 100}{100 - x_i}.$$

Необходимо иметь в виду, что в ряде случаев материал, теряемый на данной операции, может возвратиться в производство (возвратные потери). Это надо учесть, внося их в приходную часть материального баланса соответствующего отделения.

По окончании расчётов, сопровождаемых пояснительным текстом, составляют таблицу материального баланса цеха или завода в целом. В приходную часть включаются материалы, поступающие в цех, а в расход-

ную – продукция, выходящая из цеха или предприятия, и материальные потери или отходы (брак), возникающие на определённых стадиях технологического процесса.

## 2.2. Исходные данные

**1. Годовая производительность завода** - по заданию преподавателя.

В рассматриваемом примере – 20млн изд. в год.

**2. Ассортимент выпускаемой продукции** – по заданию преподавателя.

Метод формования – пластический.

**3. Технологические параметры производства**

В табл. 2.1 приведены нормы технологических отходов и брака при получении изделий методом пластического формования.

Таблица 2.1

Нормы технологических отходов и брака при получении изделий методом пластического формования\*

Технологические переделы	Нормы отходов и брака, мас. %	Принято в расчёт, мас. %
1	2	3
На складе готовой продукции (бой)	0,1 - 0,2	0,1
Брак:		
декорированного обжига	0,6 - 1,0	0,8
декорирования	0,03 – 0,05	0,04
сортировки	0,5 – 1,0	0,5
политого обжига	7,0 - 9,0	8,0
глазурования	1,0 – 3,0	2,0
утельного обжига	5,0 – 8,0	6,0
сушки	1,0 – 2,0	2,0
садка на обжиговые вагонетки	0,3 – 0,5	0,5
подвялка	0,6-0,8	0,7
формования	1,0 – 2,0	1,0
оправка, отделка полуфабриката	1,0 – 3,0	2,0
Потери:		
Отходы формования	10,0 – 11,0 (Обрезки массы)	10,0
при транспортировке формовочной массы	0,1 – 0,2	0,1

1	2	3
на фильтре-прессе	0,1-0,2	0,2
при гомогенизации	0,05-0,1	0,05
при ситовом и магнитном обогащении	0,02-0,03	0,02
при хранении суспензии	0,1- 0,2	0,1
при дозировке сырьевых материалов	0,1- 0,2	0,1
при транспортировке сырьевых материалов	0,1 -0,2	0,2
при помоле боя	0,05-0,1	0,1
на складе сырья	0,1- 0,2	0,1
при глазурировании	1,0- 2,0	2,0
при роспуске коржей	-	-

\* Нормы отходов и брака при получении изделий методом шликерного литья приведены в Приложении.

#### ***4. Влажность сырьевых материалов, промежуточных суспензий и полуфабрикатов***

Таблица 2.2

Влажность промежуточных суспензий и полуфабрикатов при получении изделий методом пластического формования

Наименования сырьевых компонентов, промежуточных суспензий	W, мас.% (норма)	W, мас.% (принято в расчёт)
Суспензия при распуске каолина	50 - 55	50
Суспензия при помоле в шаровой мельнице	55 – 60	60
Масса после фильтр-прессования	20,0 – 24,5	20,5
Масса после гомогенизации и вакуумирования	20,0 – 24,5	20,5
Полуфабрикат после формования/ литья	20,0 – 24,5	20,5
Полуфабрикат после подвялки (не более)	16	16
Полуфабрикат после сушки	4 - 2	2
Полуфабрикат перед политым обжигом	4 - 2	2
Глазурная суспензия	40 - 45	45

\* Влажность промежуточных суспензий и полуфабрикатов при получении изделий методом шликерного литья приведены в Приложении.

Таблица 2.3

## Влажность сырьевых материалов

Сырьевой материал	W, мас.% (норма)	W, мас.% (принято в расчёт)
Каолин Просяновский	≤20	12
Глина Веселовская	15 - 20	15
Глина Трошковская	10 - 15	10
Кварцевый песок Раменский	1 – 2	2
Пегматит Енский	0,5-0,8	0,8
Глинозём технический	0,2 -0,5	0,5
Череп утельный	3,0 – 4,0	4,0
Череп политой	2,0 – 3,0	2,0

**5. Шихтовой состав массы и глазури**

Таблица 2. 4

Шихтовой состав массы для хозяйственного фарфора  
(в расчёте на абсолютно сухие материалы)

Компонент шихты	Содержание, мас. %
Каолин Просяновский	28,7
Глина Веселовская	10,0
Глина Трошковская	4,0
Кварцевый песок Раменский	25,1
Пегматит Енский	21,2
Глинозём технический	2,0
Череп политой	7,0
Череп утельный	2,0
Итого	100,0



Шихтовой состав глазури  
(в расчёте на абсолютно сухие материалы)

Компоненты	Масса глазури, мас. %
Каолин Просяновский	7,0
Кварцевый песок Раменский	28,0
Полевой шпат	39,0
Доломит	13,0
Глинозем	3,0
Отходы политые	10,0
Всего	100

Таблица 2.6

Весовое содержание глазури на черепке в процессе глазурования

Весовое содержание глазури в среднем при толщине черепка	Содержание, мас. %
$\leq 2$ мм	10,0
2,1 ÷ 3,5 мм	8,0
$> 3,5$ мм	7,0

Зная шихтовой состав фарфоровой массы и химический состав сырьевых материалов можно рассчитать химический состав шихты [15] и отсюда взять величину потерь при прокаливании (ППП), необходимую для расчёта материального баланса. Потери при прокаливании данной массы составляют 5,28 %. Эти расчёты можно провести используя Excel-программу «Химический состав по шихтовому». Программу можно найти на кафедре ТК и Н.

При расчёте материального баланса необходимо знать, что согласно исследованиям, основные потери массы до 75% происходят при утельном обжиге, окончательные потери массы до 25% происходят при политом обжиге. Таким образом, потери при прокаливании массы при утельном об-

жиге составляют величину  $\text{ППП}_{\text{ут. обж}} = 3,96\%$ , а при политем обжиге  $\text{ППП}_{\text{пол.обж}} = 1,32\%$ .

Зная шихтовой состав керамической глазури, а также химический состав сырьевых материалов можно рассчитать её химический состав и отсюда взять величину потери при прокаливании ( $\text{ППП}_{\text{глаз.}}$ ), необходимую для расчёта материального баланса. Потери при прокаливании глазури составляют 6,52 мас. %.

### 2.3. Вспомогательные расчеты

#### 2.3.1. Расчёт суммарного значения потерь при прокаливании изделия при политем обжиге с учетом потерь при прокаливании собственно черепка и глазури

Толщина черепка более 2,5 мм. Следовательно, масса глазури на изделии после политего обжига 8% от массы черепа. Зная величину потерь при прокаливании глазури, легко определить массу глазурного слоя на изделии перед политем обжигом, суммарные потери при прокаливании полуфабриката при политем обжиге, процентное содержание глазури на изделии непосредственно после глазурования.

Все последующие расчеты проводим в расчете на 1 изделие массой 300г.

1. Масса слоя глазури после политего обжига:

$$m_{\text{глаз}} = m_{\text{изд}} \cdot \%_{\text{глаз}} = 0,30 \frac{8}{100} = 0,02 \text{ кг.}$$

2. Масса слоя глазури перед политем обжигом с учётом потерь при прокаливании глазури 6,52%:

$$m_{\text{глаз}}^* = m_{\text{глаз}} \frac{100}{100 - 6,52} = 0,02 \frac{100}{93,48} = 0,03 \text{ кг.}$$

2. Масса собственно изделия без глазури после политего обжига:

$$m_{\text{изд}}^* = m_{\text{изд}} - m_{\text{глаз}} = 0,30 - 0,02 = 0,28 \text{ кг.}$$

3. Масса собственно изделия до политего обжига с учётом потерь при прокаливании массы при политем обжиге 1,32% (абсолютно сухого):

$$m_{\text{изд.до обжига}}^* = \frac{m_{\text{изд}}^*}{100 - \text{ппп}_{\text{массы}}} 100 = \frac{0,28}{100 - 1,32} 100 = 0,28 \text{ кг.}$$

4. Масса абсолютно сухого изделия до политого обжига (с глазурью):

$$m_{\text{изд.до обжига}}^{**} = m_{\text{изд.до обжига}}^* + m_{\text{глаз}} = 0,28 + 0,03 = 0,31 \text{ кг.}$$

5. Суммарные потери при прокаливании полуфабриката (с учётом потерь при прокаливании глазури и собственно черепа изделия):

$$\text{ппп}_{\text{n/ф}} = \frac{m_{\text{изд.до обжига}}^{**} - m_{\text{изд}}}{m_{\text{изд.до обжига}}^{**}} 100 = \frac{0,31 - 0,30}{0,31} 100 = 1,76\%.$$

### 2.3.2. Расчёт влажности полуфабриката после операции глазуирования

В предыдущем разделе 2.3.1. установили, что масса глазури на одном изделии после операции глазуирования:

$$m_{\text{глаз}}^* = 0,03 \text{ кг.}$$

Далее производим следующие расчёты:

1. Масса глазурной суспензии с влажностью 45% на одном изделии:

$$m_{\text{глаз.сусп}}^* = \frac{m_{\text{глаз}}^*}{100 - 45} 100 = \frac{0,03}{55} 100 = 0,05 \text{ кг.}$$

2. Масса воды, аккумулированная полуфабрикатом, при глазуировании:

$$m_{\text{воды}}^{\text{глаз.}} = m_{\text{глаз.сусп}}^* - m_{\text{глаз}}^* = 0,05 - 0,03 = 0,02 \text{ кг.}$$

3. Масса полуфабриката после глазуирования:

$$m_{\text{n/ф}}^{\text{глаз.}} = m_{\text{изд.до обжига}}^{**} + m_{\text{воды}}^{\text{глаз.}} = 0,31 + 0,02 = 0,33 \text{ кг.}$$

4. Процентное содержание глазурной суспензии на одном изделии:

$$\%_{\text{глаз.сусп}}^* = \frac{m_{\text{глаз.сусп}}^*}{m_{\text{n/ф}}^{\text{глаз.}}} 100 = \frac{0,05}{0,33} 100 = 14,30\%.$$

5. Влажность полуфабриката после глазуирования:

$$W_{\text{n/ф}}^{\text{глаз.}} = \frac{m_{\text{воды}}^{\text{глаз.}}}{m_{\text{n/ф}}^{\text{глаз.}}} 100 = \frac{0,02}{0,33} 100 = 6,44\%.$$

**Примечание.** При расчёте материального баланса нужно иметь в виду тот факт, что на политый обжиг изделия поступают с влажностью не более 2%, остальная влага удаляется при выдерживании изделий сначала

на полочном накопителе, затем на обжиговых вагонетках на запасном пути около печи политого обжига.

6. Масса полуфабриката непосредственно перед политым обжигом:

$$m_{n/\phi}^{*глаз.} = \frac{m_{n/\phi}^{глаз.} (100 - 6,43)}{100 - 2} 100 = \frac{0,33 \cdot 93,57}{98} 100 = 0,31 \text{ кг.}$$

7. Масса воды, испаренная в цех, при хранении полуфабриката на полочном накопителе и возле печи политого обжига:

$$m_{воды}^{в цех} = m_{n/\phi}^{глаз.} - m_{n/\phi}^{*глаз.} = 0,33 - 0,31 = 0,01 \text{ кг.}$$

### 2.3.3. Расчёт влажности сырьевой смеси, поступающей на тонкий помол в шаровую мельницу

На тонкий помол по технологической схеме подают все сырьевые материалы, кроме каолина Просяновского.

Используя данные табл. 2.7, можно рассчитать шихтовой состав смеси компонентов, подаваемых в шаровую мельницу.

Пример расчёта:

$$C_i^* = C_i \frac{100}{100 - C_{каоил. прос.}}$$

Где  $C_i^*$  - содержание компонента в шаровой мельнице, мас.%;

$C_i$  - содержание компонента в шихте, мас.%;

Таким образом, содержание в шаровой мельнице глины Веселовской

$$C_{глины весел}^* = 10,0 \cdot \frac{100}{100 - 28,7} = 14,03 \text{ мас. \%}$$

Масса глины Веселовской, поступающая в шаровую мельницу с учётом влажности 15,0%:

$$m_{глины весел} = C_{глины весел}^* \frac{100}{100 - весел} = 14,03 \frac{100}{100 - 15} = 16,51 \text{ мас. ч.}$$

Масса воды, внесённая на помол с глиной Веселовской:

$$m_{с глиной весел}^{воды} = m_{глины весел} - C_{глины весел}^* = 16,51 - 14,03 = 2,48 \text{ мас. ч.}$$

и так далее для всех остальных компонентов.

Исходные данные для расчётов и результаты расчётов приведены в табл. 2.7

Таблица 2.7

Шихтовой состав смеси сырьевых материалов,  
подаваемых на тонкий помол в шаровую мельницу

Компонент шихты	Содержание абсолютно сухого компонента в шихте $C_i$ , мас.%	Шихтовой состав: содержание абсолютно сухого компонента в шаровой мельнице $C_i^*$ , мас.%	Влажность компонента $W_i$ , мас.%	Масса влажных материалов в расчёте на 100 мас.ч. абсолютно сухих материалов $m_i$ , мас.ч.	Содержание воды в материале $m_i^{воды}$ , мас.ч.
Глина Веселовская	10,0	14,03	15	16,51	2,48
Глина Трошковская	4,0	5,61	10	6,23	0,62
Пегматит Енский	21,2	29,73	0,8	29,99	0,26
Кварцевый песок Раменский	25,1	35,20	2,0	35,92	0,72
Глинозём технический	2,0	2,81	0,5	2,82	0,01
Череп утельный	2,0	2,81	4,0	2,93	0,12
Череп плитой	7,0	9,82	2,0	10,02	0,20
Итого	71,3	100,01		104,42	4,41

В соответствии с данными табл. 2.7 легко рассчитать влажность смеси сырьевых материалов, поступающих на помол в шаровую мельницу:

$$W_{смеси} = \frac{\sum m_i^{воды}}{\sum m_i} 100 = \frac{4,41}{104,42} 100 = 4,22\%.$$

### 2.3.4. Расчёт влажности суспензии, получаемой на стадии смешения сырьевых материалов, с учётом влажностей суспензии каолина Просяновского после роспуска и суспензии отошающих материалов

Из исходных данных известно, что влажность суспензии при помоле сырьевых материалов в шаровой мельнице должна быть 50%. Влажность суспензии каолина Просяновского 60%. Требуется уточненный расчёт влажности смеси этих суспензий, чтобы обеспечить правильный расчёт материального баланса производства.

Все последующие расчёты производим на 100 мас.ч. абсолютно сухой шихты согласно табл. 2.4 с учётом влажностей исходных сырьевых материалов и суспензий глинистой и отошающих компонентов.

1. Масса суспензии каолина Просяновского с  $W_{\text{сусп.каоил}} = 60\%$ :

$$m_{\text{сусп.каоил}} = \%_{\text{а.с.каоил}} \frac{100}{100 - W_{\text{сусп.каоил}}} = 28,70 \frac{100}{100 - 60} = 71,75 \text{ мас. ч.}$$

2. Масса воды в суспензии каолина Просяновского:

$$m_{\text{воды в сусп.каоил}} = m_{\text{сусп.каоил}} - m_{\text{а.с.каоил}} = 71,75 - 28,70 = 43,05 \text{ мас. ч.}$$

3. Масса суспензии отошающих материалов с  $W_{\text{сусп.отоц}} = 50\%$  (сумма содержания отошающих компонентов составляет 71,3 мас. ч. см. табл. 2.7):

$$\begin{aligned} m_{\text{сусп.отоц}} &= (\%_{\text{а.с.гл.вес}} + \%_{\text{а.с.гл.трошк}} + \%_{\text{а.с.пегм.енск}} + \%_{\text{а.с.кв.песлюб}} \\ &\quad + \%_{\text{а.с.глиноз}} + \%_{\text{а.с.чер.ут}} + \%_{\text{а.с.чер.пол}}) \frac{100}{100 - W_{\text{сусп.отоц}}} = \\ &= 71,30 \frac{100}{100 - 50} = 142,60 \text{ мас. ч.} \end{aligned}$$

4. Масса воды в суспензии отошающих:

$$m_{\text{воды в сусп.отоц}} = m_{\text{сусп.отоц}} - m_{\text{а.с.отоц}} = 142,60 - 71,30 = 71,30 \text{ мас. ч.}$$

5. Масса суспензии, получаемой при смешении суспензии каолина Просяновского с суспензией отошающих материалов:

$$m_{\text{сусп}} = m_{\text{сусп.каоил}} + m_{\text{сусп.отоц}} = 142,60 + 71,75 = 214,35 \text{ мас. ч.}$$

6. Влажность суспензии в смесительном бассейне:

$$W_{\text{сусп}} = \frac{m_{\text{воды в сусп.каол}} + m_{\text{воды в сусп.отоц}}}{m_{\text{сусп}}} 100 = \frac{43,05 + 71,3}{214,35} 100 = 53,35\%.$$

## 2.4. Расчёт материального баланса завода по производству изделий из хозяйственного фарфора

Расчёт проводился в соответствии с технологической схемой производства изделий из хозяйственного фарфора (пункт 1.5) и табл. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5

### 2.4.1. Цех декорирования, декорированного обжига, сортировки и комплектации изделий

1. Производительность завода по массе готовых изделий:

$$R_1 = \frac{P \cdot m_{\text{гот.изд}}}{1000} = \frac{20 \cdot 10^6 \cdot 0,30}{1000} = 6000,00 \text{ м/год}.$$

2. Масса изделий, поступающая на склад готовой продукции, с учётом боя при сортировке, комплектации, упаковке на складе 0,1%

$$R_2 = R_1 \frac{100}{100-0,1} = 6000,00 \frac{100}{99,9} = 6006,01 \text{ м/год}.$$

*Масса боя на складе готовой продукции:*

$$x_2 = R_2 - R_1 = 6006,01 - 6000,00 = 6,01 \text{ м/год}.$$

3. Масса изделий, поступающая на сортировку, с учётом брака декорированного обжига 0,8%:

$$R_3 = R_2 \frac{100}{100-0,8} = 6006,01 \frac{100}{99,2} = 6054,44 \text{ м/год}.$$

*Брак декорированного обжига:*

$$x_3 = R_3 - R_2 = 6054,44 - 6006,01 = 48,44 \text{ м/год}.$$

4. Масса полуфабриката, поступающая на декорирование, с учётом брака декорирования 0,04%:

$$R_4 = R_3 \frac{100}{100-0,04} = 6054,44 \frac{100}{99,96} = 6056,86 \text{ м/год}.$$

*Брак при декорировании:*

$$x_4 = R_4 - R_3 = 6056,86 - 6054,44 = 2,4 \text{ м/год}.$$

Таблица 2.8

**Материальный баланс цеха декорирования, декорированного обжига, сортировки и комплектации изделий**

Приход			Расход		
Статьи	т/год	%	Статьи	т/год	%
Белье (нераскрашенное)	6056,86	100,00	Готовые изделия	6000,00	99,061
			Бой и брак при сортировке и упаковке	6,0	0,10
			Брак декорированного обжига	48,4	0,80
			Брак при декорировании	2,42	0,04
Сумма	6056,86	100,00	Сумма	6056,86	100

**Невязка: 0,00%.**

Баланс сошелся, можно продолжить расчёты дальше.

#### 2.4.2. Цех глазурирования, политого обжига, сортировки и маркировки

Для того чтобы не прерывать логику дальнейших расчётов, далее сохраняем сквозную нумерацию операций.

5. Масса полуфабриката, поступающая на сортировку, маркировку с учётом боя 0,5%

$$R_5 = R_4 \frac{100}{100 - 0,5} = 6056,86 \frac{100}{99,50} = 6087,30 \text{ м/год}$$

*Масса боя при сортировке, маркировке:*

$$x_5 = R_5 - R_4 = 6087,30 - 6056,86 = 30,44 \text{ м/год}$$

6. Масса полуфабриката, поступающая на политый обжиг, с учётом брака политого обжига 8%:

$$R_6 = R_5 \frac{100}{100-8} = 6087,30 \frac{100}{92} = 6616,63 \text{ м/год}$$

*Масса брака политого обжига:*

$$x_6 = R_6 - R_5 = 6616,63 - 6087,30 = 529,33 \text{ м/год}$$

7. Масса полуфабриката, поступающая на политый обжиг с учётом потерь при прокаливании массы и глазури 1,77%:



$$R_7 = R_6 \frac{100}{100-1,77} = 6616,63 \frac{100}{98,23} = 6734,98 \text{ м/год.}$$

*Потери при прокаливании при политем обжиге:*

$$x_7 = R_7 - R_6 = 6734,98 - 6616,63 = 118,35 \text{ м/год.}$$

8. Масса полуфабриката, поступающая на политем обжиг с учётом его влажности  $W_2 = 2\%$ :

$$R_8 = R_7 \frac{100}{100-W_2} = 6734,98 \frac{100}{100-2} = 6872,43 \text{ м/год.}$$

*Масса воды, испарённая при политем обжиге:*

$$x_8 = R_8 - R_7 = 6872,43 - 6734,98 = 137,45 \text{ м/год.}$$

9. Масса полуфабриката, поступающая на обжиговых вагонетках на запасной путь с влажностью после глазурования  $W_1 = 6,43\%$ :

$$R_9 = R_8 \frac{100-W_2}{100-W_1} = 6872,43 \frac{100-2}{100-6,43} = 7198,27 \text{ м/год.}$$

*Масса воды, испарённая при подсушке полуфабриката в печном цехе:*

$$x_9 = R_9 - R_8 = 7198,27 - 6872,43 = 325,85 \text{ м/год.}$$

### ***Расчет расхода глазурного шликера***

10. Масса глазурной суспензии с влажностью 45%, необходимой для покрытия полуфабриката глазурью:

$$R_{10} = R_9 \frac{\%_{\text{глаз.сусп}}^*}{100} = 7198,3 \frac{14,33}{100} = 1029,55 \text{ м/год.}$$

11. Масса глазурного шликера, с учётом потерь при глазуровании 2%:

$$R_{11} = R_{10} \frac{100}{100-2} = 1029,55 \frac{100}{98} = 1050,56 \text{ м/год.}$$

*Потери глазурного шликера:*

$$x_{11} = R_{11} - R_{10} = 1050,56 - 1029,55 = 21,01 \text{ м/год.}$$

*Примечание. Конец расчёта массы глазурного шликера.*

12. Масса полуфабриката после утельного обжига:

$$R_{12} = R_9 - R_{10} = 7198,27 - 1029,55 = 6168,73 \text{ м/год.}$$

Таблица 2.9

Материальный баланс цеха глазурования, политого обжига, сортировки, маркировки

Приход			Расход		
Статьи	т/год	%	Статьи	т/год	%
Полуфабрикат после уфельного обжига	6168,7	85,45	Белье (нераскрашенные изделия)	6056,9	83,90
Глазурная суспензия	1050,6	14,55	Бой при сортировке, маркировке	30,4	0,42
			Брак политого обжига	529,3	7,33
			Потери при прокаливании	118,3	1,64
			Вода, испарённая при политом обжиге	137,4	1,90
			Вода, испарённая при подсушке в цехе	325,8	4,51
			Потери глазурной суспензии	21,0	0,29
Сумма	7219,28	100,00	Сумма	7219,28	100,00

Невязка: 0,00%.

### 2.4.3. Цех формования, сушки, уфельного обжига

Итак, масса полуфабриката после уфельного обжига:

$$R_{12} = 6168,73 \text{ т/год.}$$

13. Масса полуфабриката, поступающая на уфельный обжиг, с учётом брака уфельного обжига 6%:

$$R_{13} = R_{12} \frac{100}{100 - 6} = 6168,73 \frac{100}{94} = 6562,48 \text{ т/год.}$$

Брак уфельного обжига:

$$x_{13} = R_{13} - R_{12} = 6562,48 - 6168,73 = 393,75 \text{ т/год.}$$

14. Масса полуфабриката, поступающая на уфельный обжиг, с потерями при прокаливании при уфельном обжиге 3,96%:

$$R_{14} = R_{13} \frac{100}{100 - 3,96} = 6562,48 \frac{100}{96,04} = 6833,07 \text{ т/год.}$$

Потери при прокаливании при уфельном обжиге:

$$x_{14} = R_{14} - R_{13} = 6833,07 - 6562,48 = 270,59 \text{ м/год}$$

15. Масса полуфабриката, поступающая на утельный обжиг, с учётом влажности после сушки 2%:

$$R_{15} = R_{14} \frac{100}{100-2} = 6833,07 \frac{100}{98} = 6972,52 \text{ м/год}$$

Масса воды, удалённой при утельном обжиге:

$$x_{15} = R_{15} - R_{14} = 6972,48 - 6833,07 = 139,45 \text{ м/год}$$

16. Масса полуфабриката после сушки с учётом брака сушки 2%:

$$R_{16} = R_{15} \frac{100}{100-2} = 6972,52 \frac{100}{98} = 7114,81 \text{ м/год}$$

*Брак при сушке (возвратный):*

$$x_{16} = R_{16} - R_{15} = 7114,81 - 6972,52 = 142,33 \text{ м/год}$$

17. Масса полуфабриката, поступающая на сушку, с учётом влажности после подвялки 16% и влажности после сушки 2%:

$$R_{17} = R_{16} \frac{100-2}{100-16} = 7114,81 \frac{98}{84} = 8300,61 \text{ м/год}$$

*Масса воды, удалённая при сушке:*

$$x_{17} = R_{17} - R_{16} = 8300,61 - 7114,81 = 1185,80$$

18. Масса полуфабриката после подвялки с учётом брака подвялки 0,70%:

$$R_{18} = R_{17} \frac{100}{100-0,70} = 8300,61 \frac{100}{99,30} = 8359,13 \text{ м/год}$$

*Брак при подвялке (возвратный):*

$$x_{18} = R_{18} - R_{17} = 8359,13 - 8300,61 = 58,51 \text{ м/год}$$

19. Масса полуфабриката, поступающая на подвялку, с учётом влажности после подвялки 16% и влажности свежесформованного полуфабриката 20,50%

$$R_{19} = R_{18} \frac{100-16}{100-20,50} = 8359,13 \frac{84}{79,50} = 8832,29 \text{ м/год}$$

*Масса воды, удалённая при подвялке:*

$$x_{19} = R_{19} - R_{18} = 8832,29 - 8359,13 = 473,16 \text{ м/год}$$

20. Масса сформованного полуфабриката с учётом брака формования 1%

$$R_{20} = R_{19} \frac{100}{100-1} = 8832,29 \frac{100}{99} = 8921,50 \text{ м/год}$$

Масса брака формования (возвратные отходы):

$$x_{20} = R_{20} - R_{19} = 8921,50 - 8832,29 = 89,22 \text{ м/год}$$

21. Масса сформованного полуфабриката с учётом отходов при формовании 10%:

$$R_{21} = R_{20} \frac{100}{100-10} = 8921,50 \frac{100}{90} = 9912,78 \text{ м/год}$$

Отходы при формовании (возвратные):

$$x_{21} = R_{21} - R_{20} = 9912,78 - 8921,50 = 991,28 \text{ м/год}$$

Таблица 2.10

Материальный баланс цеха формования, сушки, уфельного обжига

Приход			Расход		
Статья	т/год	%	Статья	т/год	%
Формовочная масса	9912,78	100	Полуфабрикат после уфельного обжига	6169	62,23
			Брак уфельного обжига	393,75	3,97
			Брак сушки	142,3	1,44
			Брак подвялки	58,5	0,59
			Брак формования	89,2	0,9
			Потери при прокаливании при уфельном обжиге	270,6	2,73
			Вода, удалённая при уфельном обжиге	139,5	1,41
			Вода, удалённая при сушке	1185,8	11,96
			Вода, удалённая при подвялке	473,2	4,77
			Отходы при формовании	991,28	10
Сумма	9912,78	100,00	Сумма	9912,78	100,00

Невязка: 0,00%.

#### 2.4.4. Массозаготовительный цех Приготовление формовочной массы

Необходимое количество формовочной массы:

$$R_{21} = 9912,78 \text{ м/год}.$$

22. Количество формовочной массы с учётом потерь при транспортировке 0,1%:

$$R_{22} = R_{21} \frac{100}{100-0,10} = 9912,78 \frac{100}{99,90} = 9922,70 \text{ м/год}.$$

*Потери формовочной массы при транспортировке:*

$$x_{22} = R_{22} - R_{21} = 9922,70 - 9912,78 = 9,90 \text{ м/год}.$$

23. Количество формовочной массы с учётом потерь при втором промыве, гомогенизации 0,05%:

$$R_{23} = R_{22} \frac{100}{100-0,05} = 9922,70 \frac{100}{99,95} = 9927,67 \text{ м/год}.$$

*Потери массы при втором промыве, гомогенизации:*

$$x_{23} = R_{23} - R_{22} = 9927,67 - 9922,70 = 4,96 \text{ м/год}.$$

24. Количество формовочной массы с учётом потерь при вылёживании 0,10%:

$$R_{24} = R_{23} \frac{100}{100-0,10} = 9927,67 \frac{100}{99,90} = 9937,60 \text{ м/год}.$$

*Потери массы при вылёживании:*

$$x_{24} = R_{24} - R_{23} = 9937,60 - 9927,67 = 9,94 \text{ м/год}.$$

25. Количество формовочной массы с учётом потерь при первом промыве, гомогенизации 0,05%:

$$R_{25} = R_{24} \frac{100}{100-0,05} = 9937,60 \frac{100}{99,95} = 9942,58 \text{ м/год}.$$

*Потери массы при первом промыве, гомогенизации:*

$$x_{25} = R_{25} - R_{24} = 9942,58 - 9937,60 = 4,97 \text{ м/год}.$$

26. Количество формовочной массы с учётом потерь при фильтр-прессовании 0,20%:

$$R_{26} = R_{25} \frac{100}{100-0,20} = 9942,58 \frac{100}{99,80} = 9962,50 \text{ м/год}.$$

*Потери массы при фильтр-прессовании:*

$$x_{26} = R_{26} - R_{25} = 9962,50 - 9942,58 = 19,93 \text{ м/год.}$$

27. Масса суспензии, подаваемая на фильтр-прессование с учётом влажностей формовочной массы 20,50%, суспензии 53,35% (расчётная величина):

$$R_{27} = R_{26} \frac{100-20,50}{100-53,35} = 9962,50 \frac{79,50}{46,65} = 16976,92 \text{ м/год.}$$

*Потери воды при фильтр-прессовании:*

$$x_{27} = R_{27} - R_{26} = 16976,42 - 9962,50 = 7014,42 \text{ м/год.}$$

28. Масса суспензии, подаваемая на хранение в бассейн чистой суспензии с учётом потерь при перекачке 0,10%:

$$R_{28} = R_{27} \frac{100}{100-0,10} = 16976,42 \frac{100}{99,90} = 16993,92 \text{ м/год.}$$

*Потери суспензии при транспортировке:*

$$x_{28} = R_{28} - R_{27} = 16993,92 - 16976,42 = 16,99 \text{ м/год.}$$

29. Масса суспензии, с учётом потерь при ситовом и магнитном обогащении 0,02%:

$$R_{29} = R_{28} \frac{100}{100-0,02} = 16993,92 \frac{100}{99,98} = 16997,32 \text{ м/год.}$$

*Потери суспензии при ситовом и магнитном обогащении:*

$$x_{29} = R_{29} - R_{28} = 16997,32 - 16993,92 = 3,40 \text{ м/год.}$$

*Таким образом, необходимо подготовить суспензию смеси сырьевых материалов в количестве:*

$$R_{29} = 16997,32 \text{ м/год.}$$

***Расчет вклада возвратных отходов (формования, подвялки, сушки) в суспензию сырьевых материалов, подаваемую на фильтр-прессование***

По технологической схеме суспензию, полученную из этих отходов, добавляют непосредственно в расходный бассейн фильтра-пресса (бассейн чистой суспензии). Потерями материалов при предварительной подготовке возвратных отходов пренебрегаем.

Эту часть материального баланса рассчитываем с учётом технологической схемы.

30. Масса суспензии из брака формования и отходов при формовании с учетом их влажности 20,50% и влажности суспензии 53,35%:

$$R_{30} = (x_{20} + x_{21}) \frac{100 - 20,5}{100 - 53,35} = (89,22 + 991,28) \frac{79,50}{46,65} = 1841,25 \text{ м/год}.$$

*Масса воды, необходимая для получения суспензии из отходов и брака формования:*

$$x_{30} = R_{30} - (x_{20} + x_{21}) = 1841,25 - (89,20 + 991,28) = 760,76 \text{ м/год}.$$

31. Масса суспензии из брака при подвялке с учетом влажности брака 16%:

$$R_{31} = x_{18} \frac{100 - 16}{100 - 53,35} = 58,5 \frac{84}{46,65} = 105,36 \text{ м/год}.$$

*Масса воды, необходимая для получения суспензии из брака при подвялке:*

$$x_{31} = R_{31} - x_{18} = 105,36 - 58,5 = 46,84 \text{ м/год}.$$

32. Масса суспензии из брака при сушке с учетом влажности суспензии и влажности брака 2%:

$$R_{32} = x_{16} \frac{100 - 2}{100 - 53,35} = 142,3 \frac{98}{46,65} = 298,91 \text{ м/год}.$$

*Масса воды, необходимая для получения суспензии из брака при сушке:*

$$x_{32} = R_{32} - x_{16} = 298,91 - 142,3 = 156,62 \text{ м/год}.$$

33. Масса суспензии из отходов:

$$R_{33} = R_{30} + R_{31} + R_{32} = 1841,25 + 105,36 + 298,91 = 2245,52 \text{ м/год}.$$

*Масса воды, необходимая для получения суспензии из отходов и брака формования, подвялки, сушки:*

$$x_{33} = x_{30} + x_{31} + x_{32} = 760,76 + 46,84 + 156,62 = 964,21 \text{ м/год}.$$

34. Масса суспензии с учетом возвратных отходов:

$$R_{34} = R_{29} - R_{33} = 16997,32 - 2245,52 = 14751,80 \text{ м/год}.$$

35. Масса абсолютно сухих компонентов в суспензии:

$$R_{35} = R_{34} \frac{100 - W_{\text{сус.}}}{100} = 14751,80 \frac{100 - 53,35}{100} = 14751,80 \frac{46,65}{100} = 6882,11 \text{ м/год.}$$

*Масса воды в суспензии:*

$$x_{35} = R_{27} - R_{35} = 16976,92 - 6882,11 = 10094,81 \text{ м/год.}$$

### ***Расчёт по каолину Просьяновскому***

36. Масса абсолютно сухого каолина в шликере с учётом его содержания в шихте 28,70 мас. %:

$$R_{36} = R_{35} \frac{28,70}{100} = 6882,11 \frac{28,70}{100} = 1975,16 \text{ м/год.}$$

37. Масса каолина с влажностью 12%:

$$R_{37} = R_{36} \frac{100}{100 - 12} = 1975,16 \frac{100}{88} = 2244,51 \text{ м/год.}$$

38. Масса каолиновой суспензии с влажностью 60%:

$$R_{38} = R_{37} \frac{100 - 12}{100 - 60} = 2244,51 \frac{88}{40} = 4937,91 \text{ м/год.}$$

*Потерями 0,01% при перекачивании суспензии каолина пренебрегаем.*

39. Масса каолина с  $W = 12\%$ , поступающая на роспуск:

$$R_{39} = R_{37} = 2244,51 \text{ м/год.}$$

*Масса воды, необходимая для роспуска каолина (приходная статья):*

$$x_{39} = R_{38} - R_{37} = 4937,91 - 2244,51 = 2693,41 \text{ м/год.}$$

40. Масса каолина с  $W = 12\%$  с учётом потерь при дозировке 0,10%:

$$R_{40} = R_{39} \frac{100}{100 - 0,10} = 2244,51 \frac{100}{99,90} = 2246,75 \text{ м/год.}$$

*Потери при дозировке:*

$$x_{40} = R_{40} - R_{39} = 2246,75 - 2244,51 = 2,25 \text{ м/год.}$$

41. Масса каолина с учётом потерь при транспортировке 0,10%:

$$R_{41} = R_{40} \frac{100}{100 - 0,10} = 2246,75 \frac{100}{99,90} = 2249,00 \text{ м/год.}$$

*Потери при транспортировке:*

$$x_{41} = R_{41} - R_{40} = 2249,00 - 2246,75 = 2,25 \text{ м/год.}$$

42. Масса каолина с учётом потерь на складе сырья 0,10%:



$$R_{42} = R_{41} \frac{100}{100-0,10} = 2249,00 \frac{100}{99,90} = 2251,25 \text{ м/год}.$$

*Потери на складе сырья:*

$$x_{42} = R_{42} - R_{41} = 2251,25 - 2249,00 = 2,25 \text{ м/год}.$$

***Расчёт по суспензии отощающих материалов, получаемой помолом в шаровой мельнице***

44. Масса суспензии отощающих:

$$R_{44} = R_{34} - R_{38} = 14751,80 - 4937,91 = 9813,89 \text{ м/год}.$$

45. Масса суспензии с учётом потерь при транспортировке 0,10%:

$$R_{45} = R_{44} \frac{100}{100-0,10} = 9813,89 \frac{100}{99,90} = 9823,71 \text{ м/год}.$$

*Потери суспензии при транспортировке:*

$$x_{45} = R_{45} - R_{44} = 9823,71 - 9813,89 = 9,82 \text{ м/год}.$$

46. Масса суспензии с учётом потерь при помоле 0,10%:

$$R_{46} = R_{45} \frac{100}{100-0,10} = 9823,71 \frac{100}{99,90} = 9833,54 \text{ м/год}.$$

*Потери суспензии при помоле:*

$$x_{49} = R_{46} - R_{45} = 9833,54 - 9823,71 = 9,83 \text{ м/год}.$$

47. Масса суспензии с учётом потерь при хранении в бассейне 0,10%:

$$R_{47} = R_{46} \frac{100}{100-0,10} = 9833,54 \frac{100}{99,90} = 9843,39 \text{ м/год}.$$

*Потери суспензии при хранении в бассейне:*

$$x_{47} = R_{47} - R_{46} = 9843,39 - 9833,54 = 9,84 \text{ м/год}.$$

48. Масса абсолютно сухого вещества в суспензии с учётом влажности суспензии 50%

$$R_{48} = R_{47} \frac{100-50}{100} = 9843,39 \frac{50}{100} = 4921,69 \text{ м/год}.$$

*Масса воды, содержащаяся в суспензии:*

$$x_{48} = R_{47} - R_{48} = 9843,39 - 4921,69 = 4921,69 \text{ м/год}.$$

### ***Расчёт по глине Веселовской***

49. Масса абсолютно сухой глины в суспензии с учётом её содержания в шихте 10 мас. %:

$$R_{49} = R_{48} \frac{10}{100} \frac{100}{100 - (C_{\text{каоол.прос}})} = \\ = R_{48} \frac{10}{100} \frac{100}{100 - 28,70} = 4921,69 \frac{10}{100} \frac{100}{71,30} = 690,28 \text{ м/год.}$$

50. Масса глины с влажностью 15%:

$$R_{50} = R_{49} \frac{100}{100-15} = 690,28 \frac{100}{85} = 812,09 \text{ м/год.}$$

*Масса воды, содержащаяся в глине:*

$$x_{50} = R_{50} - R_{49} = 812,09 - 690,28 = 121,81 \text{ м/год.}$$

51. Масса глины с учётом потерь при дозировке 0,10%:

$$R_{51} = R_{50} \frac{100}{100-0,10} = 812,09 \frac{100}{99,90} = 812,91 \text{ м/год.}$$

*Потери при дозировке:*

$$x_{51} = R_{50} - R_{51} = 812,09 - 812,91 = 0,81 \text{ м/год.}$$

52. Масса глины с учётом потерь при транспортировке 0,10%:

$$R_{52} = R_{51} \frac{100}{100-0,10} = 812,91 \frac{100}{99,90} = 813,72 \text{ м/год.}$$

*Потери при транспортировке:*

$$x_{52} = R_{52} - R_{51} = 813,72 - 812,91 = 0,81 \text{ м/год.}$$

53. Масса глины с учётом потерь на складе сырья 0,10%:

$$R_{53} = R_{52} \frac{100}{100-0,10} = 813,72 \frac{100}{99,90} = 814,53 \text{ м/год.}$$

*Потери на складе сырья:*

$$x_{53} = R_{53} - R_{52} = 814,53 - 813,72 = 0,81 \text{ м/год.}$$

### ***Расчёт по глине Трошковской***

54. Масса абсолютно сухой глины в суспензии с учётом её содержания в шихте 4 мас. %:

$$R_{54} = R_{48} \frac{4}{100} \frac{100}{100 - (C_{\text{каоол.прос}})} =$$

$$= R_{48} \frac{4}{100} \frac{100}{100 - 28,70} = 4921,69 \frac{4}{100} \frac{100}{71,30} = 276,11 \text{ м/год}.$$

55. Масса глины с влажностью 10%:

$$R_{55} = R_{54} \frac{100}{100-10} = 276,11 \frac{100}{90} = 306,79 \text{ м/год}.$$

*Масса воды, содержащаяся в глине:*

$$x_{55} = R_{55} - R_{54} = 306,79 - 276,11 = 30,68 \text{ м/год}.$$

56. Масса глины с учётом потерь при дозировке 0,10%:

$$R_{56} = R_{55} \frac{100}{100-0,10} = 306,79 \frac{100}{99,90} = 307,10 \text{ м/год}.$$

*Потери при дозировке:*

$$x_{56} = R_{56} - R_{55} = 307,10 - 306,79 = 0,31 \text{ м/год}.$$

57. Масса глины с учётом потерь при транспортировке 0,10%:

$$R_{57} = R_{56} \frac{100}{100-0,10} = 307,10 \frac{100}{99,90} = 307,41 \text{ м/год}.$$

*Потери при транспортировке:*

$$x_{57} = R_{57} - R_{56} = 307,41 - 307,10 = 0,31 \text{ м/год}.$$

58. Масса глины с учётом потерь на складе сырья 0,10%:

$$R_{58} = R_{57} \frac{100}{100-0,10} = 307,41 \frac{100}{99,90} = 307,71 \text{ м/год}.$$

*Потери на складе сырья:*

$$x_{58} = R_{58} - R_{57} = 307,71 - 307,41 = 0,31 \text{ м/год}.$$

### ***Расчёт по кварцевому песку Раменскому***

59. Масса абсолютно сухого кварцевого песка в суспензии с учётом его содержания в шихте 25,10%:

$$R_{59} = R_{48} \frac{25,10}{100} \frac{100}{100-28,70} = 4921,69 \frac{25,10}{100} \frac{100}{71,30} = 1732,60 \text{ м/год}.$$

60. Масса кварцевого песка с влажностью 2%:

$$R_{60} = R_{59} \frac{100}{100-2} = 1732,60 \frac{100}{98} = 1767,96 \text{ м/год}.$$

*Масса воды, содержащаяся в кварцевом песке:*

$$x_{60} = R_{60} - R_{59} = 1767,96 - 1732,60 = 35,36 \text{ м/год}.$$

61. Масса кварцевого песка с учётом потерь при дозировке 0,10%:

$$R_{61} = R_{60} \frac{100}{100-0,10} = 1767,96 \frac{100}{99,90} = 1769,73 \text{ м/год}.$$

*Потери кварцевого песка при дозировке:*

$$x_{61} = R_{61} - R_{60} = 1769,73 - 1767,96 = 1,77 \text{ м/год}.$$

62. Масса кварцевого песка с учётом потерь при транспортировке 0,10%:

$$R_{62} = R_{61} \frac{100}{100-0,10} = 1769,73 \frac{100}{99,90} = 1771,50 \text{ м/год}.$$

*Потери кварцевого песка при транспортировке:*

$$x_{62} = R_{62} - R_{61} = 1771,50 - 1769,73 = 1,77 \text{ м/год}.$$

63. Масса кварцевого песка с учётом потерь на складе сырья 0,10%:

$$R_{63} = R_{62} \frac{100}{100-0,10} = 1771,50 \frac{100}{99,90} = 1773,28 \text{ м/год}.$$

*Потери кварцевого песка на складе сырья:*

$$x_{63} = R_{63} - R_{62} = 1773,28 - 1771,50 = 1,77 \text{ м/год}.$$

#### **Расчёт по пегматиту Енскому**

64. Масса абсолютно сухого пегматита в суспензии с учётом его содержания в шихте 21,20 мас. %:

$$R_{64} = R_{48} \frac{21,20}{100} \frac{100}{100 - 28,70} = 4921,69 \frac{21,1}{100} \frac{100}{71,3} = 1463,39 \text{ м/год}.$$

65. Масса пегматита с влажностью 0,80%:

$$R_{65} = R_{64} \frac{100}{100-0,80} = 1463,39 \frac{100}{99,20} = 1475,19 \text{ м/год}.$$

*Масса воды, содержащаяся в пегматите:*

$$x_{65} = R_{65} - R_{64} = 1475,19 - 1463,39 = 11,80 \text{ м/год}.$$

66. Масса пегматита с учётом потерь при дозировке 0,10%:

$$R_{66} = R_{65} \frac{100}{100-0,10} = 1475,19 \frac{100}{99,90} = 1476,67 \text{ м/год}.$$

*Потери пегматита при дозировке:*

$$x_{66} = R_{66} - R_{65} = 1476,67 - 1475,19 = 1,48 \text{ м/год}.$$

67. Масса пегматита с учётом потерь при транспортировке 0,10%:

$$R_{67} = R_{66} \frac{100}{100-0,10} = 1476,67 \frac{100}{99,90} = 1478,15 \text{ м/год}.$$

*Потери пегматита при транспортировке:*

$$x_{67} = R_{67} - R_{66} = 1478,15 - 1476,67 = 1,48 \text{ м/год.}$$

68. Масса пегматита с учётом потерь на складе сырья 0,10%:

$$R_{68} = R_{67} \frac{100}{100-0,10} = 1478,15 \frac{100}{99,90} = 1479,63 \text{ м/год.}$$

*Потери пегматита на складе сырья:*

$$x_{68} = R_{68} - R_{67} = 1479,63 - 1478,15 = 1,48 \text{ м/год.}$$

### ***Расчёт по глинозему техническому***

69. Масса абсолютно сухого глинозема технического в суспензии с учётом его содержания в шихте 2 мас. %:

$$R_{69} = R_{48} \frac{2}{100} \frac{100}{100 - 28,70} = 4916,59 \frac{2}{100} \frac{100}{71,30} = 138,06 \text{ м/год.}$$

70. Масса глинозема с влажностью 0,50%:

$$R_{70} = R_{69} \frac{100}{100-0,50} = 138,06 \frac{100}{99,50} = 138,75 \text{ м/год.}$$

*Масса воды, содержащаяся в глиноземе:*

$$x_{70} = R_{70} - R_{69} = 138,75 - 138,06 = 0,69 \text{ м/год.}$$

71. Масса глинозема с учётом потерь при дозировке 0,10%.

$$R_{71} = R_{70} \frac{100}{100-0,10} = 138,75 \frac{100}{99,90} = 138,89 \text{ м/год.}$$

*Потери глинозема при дозировке:*

$$x_{71} = R_{71} - R_{70} = 138,89 - 138,75 = 0,14 \text{ м/год.}$$

72. Масса глинозема с учётом потерь при транспортировке 0,10%:

$$R_{72} = R_{71} \frac{100}{100-0,10} = 138,89 \frac{100}{99,90} = 139,03 \text{ м/год.}$$

*Потери глинозема при транспортировке:*

$$x_{72} = R_{72} - R_{71} = 139,03 - 138,89 = 0,14 \text{ м/год.}$$

73. Масса глинозёма с учётом потерь на складе сырья 0,10%:

$$R_{73} = R_{72} \frac{100}{100-0,10} = 139,03 \frac{100}{99,90} = 139,17 \text{ м/год.}$$

*Потери глинозёма на складе сырья:*

$$x_{73} = R_{73} - R_{72} = 139,17 - 139,03 = 0,14 \text{ м/год.}$$

### *Расчёт по бою полному*

74. Масса абсолютно сухого боя изделий в суспензии с учётом его содержания в шихте 7 мас. %:

$$R_{74} = R_{48} \frac{7}{100} \frac{100}{100-28,70} = 4921,69 \frac{7}{100} \frac{100}{71,30} = 483,20 \text{ м/год.}$$

75. Масса боя и брака изделий с влажностью 2%:

$$R_{75} = R_{74} \frac{100}{100-2} = 483,20 \frac{100}{98} = 493,06 \text{ м/год.}$$

*Масса воды, содержащаяся в бое и браке изделий:*

$$x_{75} = R_{75} - R_{74} = 493,06 - 483,20 = 9,86 \text{ м/год.}$$

76. Масса боя и брака изделий с учётом потерь при дозировке 0,10%:

$$R_{76} = R_{75} \frac{100}{100-0,10} = 493,06 \frac{100}{99,90} = 493,55 \text{ м/год.}$$

*Потери боя и брака изделий при дозировке:*

$$x_{76} = R_{76} - R_{75} = 493,55 - 493,06 = 0,49 \text{ м/год.}$$

77. Масса боя и брака изделий с учётом потерь при транспортировке 0,10%:

$$R_{77} = R_{76} \frac{100}{100-0,10} = 493,55 \frac{100}{99,90} = 494,04 \text{ м/год.}$$

*Потери боя и брака изделий при транспортировке:*

$$x_{77} = R_{77} - R_{76} = 494,04 - 493,55 = 0,49 \text{ м/год.}$$

78. Масса боя и брака изделий с учётом потерь при предварительной подготовке (дроблении и помоле) боя и брака изделий 0,10%:

$$R_{78} = R_{77} \frac{100}{100-0,10} = 494,04 \frac{100}{99,90} = 494,54 \text{ м/год.}$$

*Потери боя и брака изделий при предварительной подготовке:*

$$x_{78} = R_{78} - R_{77} = 494,54 - 494,04 = 0,49 \text{ м/год.}$$

79. Масса боя и брака изделий с учётом потерь на складе сырья 0,10%:

$$R_{79} = R_{78} \frac{100}{100-0,10} = 494,54 \frac{100}{99,90} = 495,03 \text{ м/год.}$$

*Потери боя и брака изделий на складе сырья:*

$$x_{79} = R_{79} - R_{78} = 495,03 - 494,54 = 0,50 \text{ м/год.}$$

### *Расчёт по бою утельному*

80. Масса абсолютно сухого боя изделий в суспензии с учётом его содержания в шихте 2 мас. %:

$$R_{80} = R_{48} \frac{2}{100} \frac{100}{100-28,70} = 4921,69 \frac{2}{100} \frac{100}{71,30} = 138,06 \text{ т/год.}$$

81. Масса боя и брака изделий с влажностью 4%:

$$R_{81} = R_{80} \frac{100}{100-4} = 138,06 \frac{100}{96} = 143,81 \text{ т/год.}$$

*Масса воды, содержащаяся в бое и браке изделий:*

$$x_{81} = R_{81} - R_{80} = 143,81 - 138,06 = 5,75 \text{ т/год.}$$

82. Масса боя и брака изделий с учётом потерь при дозировке 0,10%:

$$R_{82} = R_{81} \frac{100}{100-0,10} = 143,81 \frac{100}{99,90} = 143,95 \text{ т/год.}$$

*Потери боя и брака изделий при дозировке:*

$$x_{82} = R_{82} - R_{81} = 143,95 - 143,81 = 0,14 \text{ т/год.}$$

83. Масса боя и брака изделий с учётом потерь при транспортировке 0,10%:

$$R_{83} = R_{82} \frac{100}{100-0,10} = 143,95 \frac{100}{99,90} = 144,10 \text{ т/год.}$$

*Потери боя и брака изделий при транспортировке:*

$$x_{83} = R_{83} - R_{82} = 144,10 - 143,95 = 0,14 \text{ т/год.}$$

84. Масса боя и брака изделий с учётом потерь на складе сырья 0,10%:

$$R_{84} = R_{83} \frac{100}{100-0,10} = 144,10 \frac{100}{99,90} = 144,24 \text{ т/год.}$$

*Потери боя и брака изделий на складе сырья:*

$$x_{84} = R_{84} - R_{83} = 144,24 - 144,10 = 0,14 \text{ т/год.}$$

85. Масса отощающих материалов, загружаемая в шаровую мельницу на помол отощающих с учётом влажности смеси отощающих материалов, поступающих на помол  $W_{\text{смеси от.мат}}=4,20\%$  (раздел 2.3.3.) и заданной влажности суспензии отощающих материалов  $W_{\text{сусп.отощ}}=50\%$ :

$$R_{85} = R_{48} \frac{100}{100-W_{\text{смеси от.мат}}} = 4921,69 \frac{100}{100-4,20} = 5137,65 \text{ т/год.}$$

Масса воды, которую нужно добавить на помол отощающих материалов, чтобы обеспечить влажность суспензии отощающих материалов 50%:

$$x_{85} = R_{47} - R_{85} = 9843,39 - 5137,65 = 4705,73 \text{ м}^3/\text{год}$$

Таблица 2.11

Материальный баланс массозаготовительного цеха

Приход			Расход		
Статья	т/год	%	Статья	т/год	%
1	2	3	4	5	6
Каолин Просяновский	2248,92	13,20	<b>Готовая масса</b>	9912,78	58,19
Глина Веселовская	813,69	4,78	Потери массы при транспортировке	1,0	0,01
Глина Трошковская	307,39	1,80			
Кварцевый песок Раменский	1771,44	10,40	Потери массы при втором промине, гомогенизации	4,96	0,03
Пегматит Енский	1478,09	8,68			
Глинозем технический	139,02	0,82			
Череп утельный	144,09	0,85	Потери массы при вылёживании	9,93	0,06
Череп политой	494,52	2,90			
Вода на мокрый помол	4700,85	27,60	Потери массы при первом промине, гомогенизации	4,97	0,03
Вода на роспуск каолина	2690,61	15,80			
Вода на роспуск брака	964,21	5,66	Потери массы при фильтропрессовании	19,907	0,12
Возвратный брак	1281,30	7,52	<b>Технологические потери:</b>		
			<b>1. Готовой суспензии:</b>		
			Потери суспензии при ситовом и магнитном обогащении	3,40	0,02
			Потери суспензии при хранении	16,98	0,10



Продолжение табл. 2.11

1	2	3	4	5	6
			Потери воды при фильтр-прессовании	7008,1 1	41,14
			<b>2. Каолина Просяновского:</b>		
			Потери при дозировке	2,24	0,01
			Потери при транспортировке	2,25	0,01
			Потери на складе сырья	2,25	0,01
			<b>3. Глины Веселовской:</b>		
			Потери при дозировке	0,81	0,00
			Потери при транспортировке	0,81	0,00
			Потери на складе сырья	0,81	0,00
			<b>4. Глины Трошковской:</b>		
			Потери при дозировке	0,31	0,00
			Потери при транспортировке	0,31	0,00
			Потери на складе сырья	0,31	0,00
			<b>5. Кварцевого песка Раменского:</b>		
			Потери при дозировке	1,77	0,01
			Потери при транспортировке	1,77	0,01
			Потери на складе сырья	1,77	0,01
			<b>6. Пегматита Енского:</b>		
			Потери при дозировке	1,48	0,01
			Потери при транспортировке	1,48	0,01
			Потери на складе сырья	1,48	0,01

Окончание табл. 2.11

1	2	3	4	5	6
			<b>7. Глинозема технического:</b>		
			Потери при дозировке	0,14	0,00
			Потери при транспортировке	0,14	0,00
			Потери на складе сырья	0,14	0,00
			<b>8. Боя утельного:</b>		
			Потери при дозировке	0,14	0,00
			Потери при транспортировке	0,14	0,00
			Потери на складе сырья	0,14	0,00
			<b>9. Боя политого:</b>		
			Потери при дозировке	0,49	0,00
			Потери при транспортировке	0,49	0,00
			Потери при предварительной подготовке	0,49	0,00
			Потери на складе сырья	0,49	0,00
			<b>10. Суспензии отощающих</b>		
			Потери суспензии при транспортировке	9,81	0,06
			Потери суспензии при помоле	9,82	0,06
			Потери суспензии при хранении	9,83	0,06
Сумма	17034,15	100,0 0	Сумма	17034,15	100,00

Невязка: 0,00%.

Таблица 2.12

## Сводный материальный баланс производства

Приход			Расход		
Статья	т/год	%	Статья	т/год	%
1	2	3	4	5	6
Каолин Просьяновский	2248,92	12,44	Готовые изделия	6000,00	33,18
Глина Веселовская	813,69	4,50	Потери при прокаливании	118,35	0,65
Глина Трошковская	307,39	1,70	Потери при прокаливании	270,59	1,50
Кварцевый песок Раменский	1771,44	9,80	<b>Удаляемая влага:</b>		
Пегматит Енский	1478,09	8,17	Вода, испарённая при политом обжиге	137,45	0,76
Глинозем технический	139,02	0,77	Вода, испарённая при подсушке в цехе	325,85	1,80
Череп утельный	144,09	0,80	Вода, удалённая при утельном обжиге	139,45	0,77
Череп политой	494,52	2,73			
Вода на мокрый помол	4700,85	25,99	Вода, удалённая при сушке	1185,80	6,56
Вода на роспуск каолина	2690,61	14,88	Вода, удалённая при подвялке	473,16	2,62
Вода на роспуск брака	964,21	5,33	Потери глазурной суспензии	21,01	0,12
Глазурная суспензия	1050,6	5,81	<b>Технологические потери:</b>		
Возвратный брак	1281,30	7,09	<b>1. Готовой суспензии</b>		
			Потери суспензии при ситовом и магнитном обогащении	3,40	0,02
			Потери суспензии при хранении	16,98	0,09
			Потери воды при фильтр-прессовании	7008,11	38,75
			<b>2. Каолина Просьяновского:</b>		
			Потери при дозировке	2,24	0,01

Продолжение табл. 2.12

1	2	3	4	5	6
			Потери при транспортировке	2,25	0,01
			Потери на складе сырья	2,25	0,01
			<b>3. Глины Веселовской:</b>		
			Потери при дозировке	0,81	0,00
			Потери при транспортировке	0,81	0,00
			Потери на складе сырья	0,81	0,00
			<b>4. Глины Трошковской:</b>		
			Потери при дозировке	0,31	0,00
			Потери при транспортировке	0,31	0,00
			Потери на складе сырья	0,31	0,00
			<b>5. Кварцевого песка Раменского:</b>		
			Потери при дозировке	1,77	0,01
			Потери при транспортировке	1,77	0,01
			Потери на складе сырья	1,77	0,01
			<b>6. Пегматита Енского:</b>		
			Потери при дозировке	1,48	0,01
			Потери при транспортировке	1,48	0,01
			Потери на складе сырья	1,48	0,01
			<b>7. Глинозема технического:</b>		
			Потери при дозировке	0,14	0,000
			Потери при транспортировке	0,14	0,001
			Потери на складе сырья	0,14	0,001
			<b>8. Боя утельного:</b>		
			Потери при дозировке	0,14	0,001
			Потери при транспортировке	0,14	0,001
			Потери на складе сырья	0,14	0,001
			<b>9. Боя политого:</b>		
			Потери при дозировке	0,49	0,003
			Потери при транспортировке	0,49	0,003
			Потери при предварительной подготовке	0,49	0,003
			Потери на складе сырья	0,49	0,003
			<b>10. Суспензии отошающих:</b>		
			Потери суспензии при транспортировке	9,81	0,05

1	2	3	4	5	6
			Потери суспензии при помоле	9,82	0,05
			Потери суспензии при хранении	9,83	0,05
			<b>11. Готовой массы:</b>		
			Потери массы при транспортировке	0,99	0,01
			Потери массы при втором промине, гомогенизации	4,96	0,03
			Потери массы при вылёживании	9,93	0,05
			Потери массы при первом промине, гомогенизации	4,97	0,03
			Потери массы при фильтр-прессовании	19,91	0,11
			<b>12. Боя и брака:</b>		
			Бой и брак при сортировке и упаковке	6,01	0,03
			Брак декорированного обжига	48,44	0,27
			Брак при декорировании	2,42	0,01
			Бой при сортировке, маркировке	30,44	0,17
			Брак политого обжига	529,33	2,93
			Брак утельного обжига	393,75	2,18
			Брак сушки	142,30	0,79
			Брак подвялки	58,51	0,32
			Брак формования	89,22	0,49
			Отходы при формовании	991,28	5,48
			Невязка:	0,00	0
Сумма:	18084,71	100,00	Сумма:	18084,71	100,00

**Невязка: 0,00%.**

Невязка не должна превышать значение 0,1%. В этом случае обычно необходима корректировка влажности суспензий глинистых материалов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахъян, А.М. Технология фарфоровых изделий бытового назначения / А. М. Ахъян. – М.: Легкая индустрия, 1971. – 312 с.
2. Технология фарфорового и фаянсового производства / И.А. Булавин [и др.]. - М.: Легкая индустрия, 1975. - 448 с.
3. ГОСТ 28390-1989. Изделия фарфоровые. Технические условия. - Введ. 1991-01-01.-М.: Государственный комитет СССР : Изд-во стандартов, 1991. - 20 с.
4. Масленникова, Г.Н. Расчеты в технологии керамики / Г.Н. Масленникова, Ф.Я. Харитонов, И.В. Дубов. – М.: Стройиздат, 1984. – 200 с.
5. Мороз, И.И. Технология фарфоро-фаянсовых изделий: учебник для техникумов / И.И. Мороз. - М.: Стройиздат, 1984. - 334 с.
6. Гончаров, Ю.И. Сырьевые материалы силикатной промышленности: Учебное пособие / Ю.И. Гончаров. – М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 2009. – 128 с.
7. Мороз, И.И. Справочник по фарфоро-фаянсовой промышленности. Т.1 / И.И. Мороз, М.С. Комская, М.Г. Сивчикова. - М.: Легкая индустрия, 1976. - 296 с.
8. Китайгородский, И.И. Справочник по производству стекла. Т.II / И.И. Китайгородский, С.И. Сильвестрович. – М.: Издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1963. – 816 с.
9. Маневич, Е.В. Сырьевые материалы, шихта, стекловарение. /Е.В. Маневич, К.Ю. Субботин, В.В. Ефременков. – М.: РИФ «Стройматериалы», 2008. – 224 с.
10. Отчет по производственной практике на заводе ЗАО «Фарфор Вербилкок»: отчет / рук. Г.П.Козловская; исполн. Д.А. Комиссарова– М., 2010. - 42 с.
11. Кривоносова, Н.Т. Совершенствование производства санитарно-строительных изделий / Н.Т. Кривоносова. – М.: Будивельник, 1979. -148 с.

12. Правила технической эксплуатации заводов по производству фарфоровой посуды / рук. И.М.Романова; исполн. Н.Д. Мягков – М., 1979. -418 с.

13. Козловская, Г.П. Расчет материального баланса керамических заводов на ЭВМ: метод. пособие/ Г.П. Козловская ; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 1987. - 30с.

14. Козловская, Г.П. Материальные расчеты в технологии производства керамической плитки: учебное пособие / Г.П. Козловская, Д.В. Вахровский, М.А. Смирнова; под ред. Г.П. Козловской; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2010. - 104 с.

15. Александрова, Т.В. Расчеты в технологии керамики: учебное пособие / Т.В. Александрова, Д.В. Вахровский, Г.П. Козловская; Иван. гос. хим. технол. ун-т. – Иваново, 2009. – 80с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П. 1

Нормы технологических отходов и брака при получении изделий  
методом шликерного литья

Технологические переделы	Нормы отходов и брака, мас. %	Принято в расчёт, мас. %
На складе готовой продукции (бой)	0,1 – 0,2	0,2
Брак:		
декорированного обжига	0,8 - 1,5	1,0
декорирования	0,08 – 0,1	0,1
сортировки	0,8 – 1,5	1,0
политого обжига	9,0 – 10,0	10,0
глазурования	0,3 - 0,5	0,5
утельного обжига	5,0 – 8,0	6,0
сушки	2,0 – 4,0	3,0
садки на обжиговые вагонетки	0,1 – 0,2	0,1
подвялки		
формования	4,0 – 6,0	5,0
оправки, отделки полуфабриката	4,0 – 6,0	5,0
Потери:		
Отходы формования	50,0 – 60,0 (Шликер рекуперации*)	50,0
при транспортировке формовочной массы	10,0 -15,0	10,0
на фильтре-прессе	0,1-0,2	0,2
при ситовом и магнитном обогащении	0,01-0,03	0,02
при хранении суспензии	0,1- 0,2	0,1
при дозировке сырьевых материалов	0,1- 0,2	0,1
при транспортировке сырьевых материалов	0,1 -0,2	0,1
при помоле боя	0,05- 0,1	0,1
на складе сырья	0,1- 0,2	0,1
при глазуровании	4,0 – 6,0	5,0
при роспуске коржей	0,1-0,3	0,2

\* При наливном способе формования изделия масса шликера рекуперации равна нулю.



Влажность промежуточных суспензий и полуфабрикатов  
при получении изделий методом шликерного литья

Наименования сырьевых компонентов, промежуточных суспензий	W, мас.% (норма)	W, мас.% (принято в расчёт)
Суспензия при распускании каолина	50 - 55	50
Суспензия при помоле в шаровой мельнице	55 – 60	60
Масса после фильтр-прессования	24 - 25	25
Масса после гомогенизации и вакуумирования	-	-
Литейный шликер	32-36	35*
Полуфабрикат после литья	23-25	24
Полуфабрикат после подвялки (не более)	16	16
Полуфабрикат после сушки	4 - 2	2
Полуфабрикат перед политым обжигом	4 - 2	2
Глазурная суспензия	40 - 45	45

\* При наливном способе влажность литейного шликера 32-33%.

**Excel – таблицы программы расчета материального баланса  
производства изделий из хозяйственного фарфора методом  
пластического формования**

Таблица П. 3

Исходные данные

1	2
Плановая производительность по фарфоровым изделиям, млн шт/год	20
<b>Шихтовой состав массы в масс. %:</b>	
Каолин Просяновский	28,7
Глина Веселовская	10
Глина Трошковская	4
Кварцевый песок Раменский	25,1
Пегматит Енский	21,2
Глинозем технический	2
Череп утельный	2
Череп политой	7
<b>ППП массы общие</b>	5,28
ППП массы при утельном обжиге	3,96
ППП массы при политом обжиге	1,32
<b>Влажность сырьевых компонентов, %</b>	
Каолин Просяновский	12
Глина Веселовская	15
Глина Трошковская	10
Кварцевый песок Раменский	2
Пегматит Енский	0,8
Глинозем технический	0,5
Череп утельный	4
Череп политой	2
<b>Параметры глазури, мас. %</b>	
<b>Влажность глазурной суспензии, %</b>	45
<b>Весовое содержание глазури на черепке в процессе глазу- рования, %</b>	8
<b>ППП глазури</b>	6,52
<b>Влажность промежуточных полуфабрикатов, %</b>	
Влажность суспензии при распускании каолина	60
Влажность суспензии при помоле в шаровой мельнице	50

1	2
Влажность массы на фильтре-прессе	20,5
Влажность массы после гомогенизации и вакуумирования	20,5
Влажность полуфабриката после формования	20,5
Влажность полуфабриката после подвялки	16
Влажность полуфабриката после сушки	2
Влажность полуфабриката после глазурирования	2
<b>Характеристики готовой продукции</b>	
Масса условно готового изделия, кг	0,3
<b>Нормы технологических потерь и брака, %</b>	
<b>Бой изделий</b>	
На сортировке и упаковке	0,1
При декорированном обжиге	0,8
При декорировании	0,04
При сортировке	0,5
При политом обжиге	8
При садке на вагонетки	0,01
При глазурировании	0,1
При утельном обжиге	6
При сушке	2
При подвялке	0,7
При оправке, отделке	2
При формовании	1
<b>Потери:</b>	
При транспортировке формовочной массы	0,01
При гомогенизации формовочной массы	0,05
Приготовление глазури	2
При обезвоживании массы на фильтре-прессе	0,2
При ситовом и магнитном обогащении	0,02
При хранении	0,1
При дозировке сырьевых материалов	0,1
При транспортировке	0,1
Потери формовочной массы при формовании	10
Зачистка и оправка полуфабрикатов	1,6
Потери при предварительной подготовке (дроблении и помоле)	0,1
Потери глазури при глазурировании	2
Потери на складе сырья	0,1

## Вспомогательные расчеты

<b>Расчет суммарного значения потерь при прокаливании черепа и глазури при политом обжиге, кг</b>	
1	2
Масса абсолютно сухой глазури на изделии	0,02
Масса слоя глазури перед политым обжигом с учётом потерь при прокаливании глазури	0,03
Масса изделия без глазури после обжига	0,28
Масса собственно изделия до обжига с учётом потерь при прокаливании массы	0,28
Масса абсолютно сухого изделия до обжига (с глазурью)	0,31
<b>Суммарные потери при прокаливании полуфабриката, %</b>	<b>1,76</b>
<b>Расчет влажности полуфабриката после глазурирования, кг</b>	
Масса глазурной суспензии	0,05
Масса воды, аккумулированной полуфабрикатом	0,02
Масса полуфабриката после глазурирования	0,33
Влажность полуфабриката после глазурирования	6,44
Масса полуфабриката непосредственно перед политым обжигом	0,31
Процентное содержание глазурной суспензии на одном изделии	14,30
Масса воды, испаренная в цехе при хранении полуфабриката возле печи политого обжига	0,01
<b>Расчет влажности сырьевой смеси, поступающей на помол в шаровую мельницу, мас. ч.</b>	
Содержание в шаровой мельнице глины Веселовской	14,03
Масса глины Веселовской, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности	16,50
Масса воды, внесенная на помол глиной Веселовской	2,48
Содержание в шаровой мельнице глины Трошковской	5,61
Масса глины Трошковской, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности	6,23
Масса воды, внесенная на помол глиной Трошковской	0,62
Содержание в шаровой мельнице полевого шпата	29,73
Масса полевого шпата, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности	29,97
Масса воды, внесенная на помол полевого шпата	0,24
Содержание в шаровой мельнице кварцевого песка	35,20
Масса глины Веселовской, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности	35,92
Масса воды, внесенная на помол кварцевым песком	0,72

Окончание таблицы П. 4

1	2
Содержание в шаровой мельнице глинозема	2,81
Масса глинозема, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности	2,82
Масса воды, внесенная на помол глиноземом	0,01
Содержание в шаровой мельнице утельного черепа	2,81
Масса утельного черепа, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности	2,92
Масса воды, внесенная на помол утельного черепа	0,12
Содержание в шаровой мельнице политого черепа	9,82
Масса политого черепа, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности	10,02
Масса воды, внесенная на помол политого черепа	0,20
<b>Влажность смеси сырьевых материалов, поступающих на помол в шаровую мельницу</b>	<b>4,20</b>
<b>Расчет влажности суспензии, получаемой на стадии смешения, мас. ч.</b>	
Масса суспензии каолина Просьяновского, с учетом влажности	71,75
Масса воды в суспензии каолина Просьяновского	43,05
Масса суспензии отощающих материалов	142,60
Масса воды в суспензии отощающих	71,30
Масса суспензии, получаемая при смешении суспензии каолина и суспензии отощающих	214,35
Влажность суспензии в смесительном бассейне, %	53,35

Таблица П. 5

## Расчет материального баланса

<b>Цех декорирования, декорированного обжига и сортировки</b>	
1	2
Производительность завода по массе готовых изделий, т/год	6000,0
Масса изделий, поступающая на сортировку, упаковку, с учетом боя на складе, т/год	6006,0
Бой и брак при сортировке, т/год	6,0
Масса изделий, поступающая на декорированный обжиг, с учетом брака при обжиге, т/год	6054,4
Бой и брак при декорированном обжиге, т/год	48,4
Масса изделий, поступающая на декорирование, с учетом брака, т/год	6056,9
Бой и брак при декорировании, т/год	2,4

1	2
<b>Цех глазурования, политого обжига, сортировки и маркировки</b>	
Масса изделий, поступающая на сортировку с учетом брака, выявленного при сортировке, т/год	6087,3
Бой и брак при сортировке, т/год	30,4
Масса изделий после политого обжига с учётом брака политого обжига, т/год	6616,6
Бой и брак при политом обжиге, т/год	529,3
Масса изделий после политого обжига с учетом ППП полуфабриката, т/год	6735,0
Потери при прокаливании массы и глазури, т/год	118,3
Масса изделий, поступающая на политый обжиг, с учетом влажности, т/год	6872,4
Масса влаги, испаренная при политом обжиге полуфабрикатов, т/год	137,4
Масса полуфабриката, поступающая на обжиговых вагонетках на запасной путь с влажностью после глазурования, т/год	7198,3
Масса воды, испаренная при подсушке в цехе, т/год	325,8
<b>Расчет расхода глазурной суспензии</b>	
Масса глазурной суспензии с влажностью 45%, необходимой для покрытия полуфабриката глазурью, т/год	1029,5
Масса глазурной суспензии с учётом потерь при глазуровании, т/год	1050,6
Потери глазурной суспензии, т/год	21,0
Масса полуфабриката после утельного обжига, т/год	6168,7
<b>Цех формования, сушки, утельного обжига</b>	
Масса полуфабриката, поступающая на утельный обжиг, с учётом брака утельного обжига, т/год	6562,5
Брак утельного обжига, т/год	393,7
Масса полуфабриката, поступающая на утельный обжиг, с потерями при прокаливании при утельном обжиге, т/год	6833,1
Потери при прокаливании при утельном обжиге, т/год	270,6
Масса полуфабриката, поступающая на утельный обжиг, с учётом влажности после сушки, т/год	6972,5
Масса воды, удалённой при утельном обжиге, т/год	139,5
Масса полуфабриката после сушки с учётом брака сушки, т/год	7114,8
Брак при сушке (возвратный), т/год	142,3

Окончание таблицы П. 5

1	2
Масса полуфабриката, поступающая на сушку, с учётом влажности после подвялки и влажности после сушки, т/год	8300,6
Масса воды, удалённая при сушке, т/год	1185,8
Масса полуфабриката после подвялки с учётом брака подвялки, т/год	8359,1
Брак при подвялке (возвратный), т/год	58,5
Масса полуфабриката, поступающая на подвялку, с учётом влажности после подвялки и влажности свежесформованного полуфабриката, т/год	8832,3
Масса воды, удалённая при подвялке, т/год	473,2
Масса сформованного полуфабриката с учётом брака формирования, т/год	8921,5
Масса брака формирования (возвратные отходы), т/год	89,2
Масса сформованного полуфабриката с учётом отходов при формировании, т/год	9912,8
Отходы при формировании (возвратные), т/год	991,28

Таблица П. 6

## Массозаготовительный цех

<b>Приготовление формовочной массы</b>	
1	2
Количество формовочной массы с учётом потерь при транспортировке, т/год	9913,77
<i>Потери формовочной массы при транспортировке, т/год</i>	1,0
Количество формовочной массы с учётом потерь при втором промине, гомогенизации, т/год	9918,73
<i>Потери массы при втором промине, гомогенизации, т/год</i>	5,0
Количество формовочной массы с учётом потерь при вылёживании, т/год	9928,66
<i>Потери массы при вылёживании, т/год</i>	9,93
Количество формовочной массы с учётом потерь при первом промине, гомогенизации, т/год	9933,63
<i>Потери массы при первом промине, гомогенизации, т/год</i>	5,0
Количество формовочной массы с учётом потерь при фильтр-прессовании, т/год	9953,53
<i>Потери массы при фильтр-прессовании, т/год</i>	19,91
Масса суспензии, подаваемая на фильтр-прессование с учётом влажностей формовочной массы и влажности суспензии, т/год	16961,6 4
<i>Потери воды при фильтр-прессовании</i>	7008,11

Продолжение таблицы П. 6

1	2
Масса суспензии, подаваемая на хранение в бассейн чистой суспензии с учётом потерь при перекачке, т/год	16978,62
<i>Потери суспензии при транспортировке, т/год</i>	16,98
Масса суспензии, с учётом потерь при ситовом и магнитном обогащении, т/год	16982,02
<i>Потери суспензии при ситовом и магнитном обогащении, т/год</i>	3,40
<b>Расчет вклада возвратных отходов (формования, подвялки, сушки) в суспензию сырьевых материалов, подаваемую на фильтр-прессование</b>	
Масса суспензии из брака формования и отходов при формовании с учетом их влажности и влажности суспензии, т/год	1841,25
Масса воды, необходимая для получения суспензии из отходов и брака формования, т/год	760,76
Масса суспензии из брака при подвялке с учетом влажности брака, т/год	105,36
Масса воды, необходимая для получения суспензии из брака при подвялке, т/год	46,84
Масса суспензии из брака при сушке с учетом влажности суспензии и влажности брака, т/год	298,91
Масса воды, необходимая для получения суспензии из брака при сушке, т/год	156,62
Масса суспензии из отходов, т/год	2245,52
Масса воды, необходимая для получения суспензии из отходов и брака формования, подвялки, сушки, т/год	964,21
<b>Масса суспензии с учетом возвратных отходов, т/год</b>	<b>14736,50</b>
<b>Масса абсолютно сухих компонентов в суспензии, т/год</b>	<b>6874,97</b>
Масса воды в суспензии, т/год	10086,67
<b>Расчет суспензии каолина. Расчёт по каолину Просяновскому</b>	
Масса абсолютно сухого каолина в суспензии с учётом его содержания в шихте, т/год	1973,12
Масса каолина с влажностью.	2242,18
<b>Масса Каолиновой суспензии, т/год</b>	<b>4932,79</b>
Масса каолина, поступающая на роспуск, т/год	2242,18
<i>Масса воды для роспуска каолина, т/год</i>	2690,61
Масса каолина с учётом потерь при дозировке, т/год	2244,42
<i>Потери при дозировке, т/год</i>	2,24



Продолжение таблицы П. 6

1	2
Масса каолина с учётом потерь при транспортировке, т/год	2246,67
<i>Потери при транспортировке, т/год</i>	2,25
Масса каолина с учётом потерь на складе сырья, т/год	2248,92
<i>Потери на складе сырья, т/год</i>	2,25
<b>Расчёт суспензии отошающих материалов, получаемой помолом в шаровой мельнице</b>	
Масса суспензии отошающих, т/год	9803,71
Масса суспензии с учётом потерь при транспортировке, т/год	9813,52
<i>Потери суспензии при транспортировке т/год</i>	9,81
Масса суспензии с учётом потерь при помоле, т/год	9823,34
<i>Потери суспензии при помоле, т/год</i>	9,82
Масса суспензии с учётом потерь при хранении в бассейне, т/год	9833,18
<i>Потери суспензии при хранении в бассейне, т/год</i>	9,83
Масса абсолютно сухого вещества в суспензии с учётом влажности суспензии, т/год	4916,59
Масса воды, содержащаяся в суспензии, т/год	4916,59
<b>Расчет по глине Веселовской</b>	
Масса абсолютно сухой глины в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год	689,56
Масса глины с влажностью, т/год	811,25
Масса воды в глине	121,69
Масса глины с учётом потерь при дозировке, т/год	812,06
<i>Потери при дозировке, т/год</i>	0,812
Масса глины с учётом потерь при транспортировке, т/год	812,88
<i>Потери при транспортировке, т/год</i>	0,81
Масса глины с учётом потерь на складе сырья, т/год	813,69
<i>Потери на складе сырья, т/год</i>	0,81
<b>Расчет по глине Трошковской</b>	
Масса абсолютно сухой глины в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год	275,83
Масса глины с влажностью, т/год	306,47
Масса воды в глине	30,65
Масса глины с учётом потерь при дозировке, т/год	306,78
<i>Потери при дозировке, т/год</i>	0,31
Масса глины с учётом потерь при транспортировке, т/год	307,09
<i>Потери при транспортировке, т/год</i>	0,31
Масса глины с учётом потерь на складе сырья, т/год	307,39
<i>Потери на складе сырья, т/год</i>	0,31

Продолжение таблицы П. 6

1	2
<b>Расчет по пегматиту Енскому</b>	
Масса абсолютно сухого пегматита в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год	1461,87
Масса пегматита с влажностью, т/год	1473,66
Масса воды в пегматите	11,79
Масса пегматита с учётом потерь при дозировке, т/год	1475,14
<i>Потери при дозировке, т/год</i>	1,48
Масса пегматита с учётом потерь при транспортировке, т/год	1476,62
<i>Потери при транспортировке, т/год</i>	1,48
Масса пегматита с учётом потерь на складе сырья, т/год	1478,09
<i>Потери на складе сырья, т/год</i>	1,48
<b>Расчёт по кварцевому песку Раменскому</b>	
Масса абсолютно сухого кварцевого песка в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год	1730,80
Масса кварцевого песка с влажностью, т/год	1766,13
Масса воды в кварцевом песке	35,32
Масса кварцевого песка с учётом потерь при дозировке, т/год	1767,90
<i>Потери при дозировке, т/год</i>	1,77
Масса кварцевого песка с учётом потерь при транспортировке, т/год	1769,66
<i>Потери при транспортировке, т/год</i>	1,77
Масса кварцевого песка с учётом потерь на складе сырья, т/год	1771,44
<i>Потери на складе сырья, т/год</i>	1,77
<b>Расчёт по глинозему техническому</b>	
Масса абсолютно сухого глинозема технического в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год	137,91
Масса кварцевого песка с влажностью, т/год	138,61
Масса воды в глиноземе	0,69
Масса глинозема технического с учётом потерь при дозировке, т/год	138,74
<i>Потери при дозировке, т/год</i>	0,14
Масса глинозема технического с учётом потерь при транспортировке, т/год	138,88
<i>Потери при транспортировке, т/год</i>	0,14
Масса глинозема технического с учётом потерь на складе сырья, т/год	139,02
<i>Потери на складе сырья, т/год</i>	0,14

1	2
<b>Расчёт по бою утельному</b>	
Масса абсолютно сухого утельного боя в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год	137,91
Масса утельного боя с влажностью, т/год	143,66
Масса воды в бое, т/год	5,75
Масса утельного боя с учётом потерь при дозировке, т/год	143,80
<i>Потери при дозировке, т/год</i>	0,14
Масса утельного боя с учётом потерь при транспортировке, т/год	143,95
<i>Потери при транспортировке, т/год</i>	0,14
Масса утельного боя с учётом потерь на складе сырья, т/год	144,09
<i>Потери на складе сырья, т/год</i>	0,14
<b>Расчёт по бою политому</b>	
Масса абсолютно сухого политого боя в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год	482,69
Масса политого боя с влажностью, т/год	492,55
Масса воды в бое, т/год	9,85
Масса политого боя с учётом потерь при дозировке, т/год	493,04
<i>Потери при дозировке, т/год</i>	0,49
Масса политого боя с учётом потерь при транспортировке, т/год	493,53
<i>Потери при транспортировке, т/год</i>	0,49
Масса боя с учётом потерь при предварительной подготовке (дроблении и помоле) боя, т/год	494,03
<i>Потери боя и брака изделий при предварительной подготовке, т/год</i>	0,49
Масса политого боя с учётом потерь на складе сырья, т/год	494,52
<i>Потери на складе сырья, т/год</i>	0,49
<b>Масса смеси сырьевых материалов, загружаемая в шаровую мельницу с учётом влажности смеси, т/год</b>	5132,33
<b>Масса воды, которую нужно добавить на помол отошающих материалов, чтобы обеспечить влажность суспензии отошающих материалов, т/год</b>	4700,85

Таблица П. 7

Материальный баланс цеха декорирования, декорированного обжига и сортировки

Приход			Расход		
Статьи	т/год	%	Статьи	т/год	%
Белье (нераскрашенное)	6056,86	100,00	Готовые изделия	6000	99,061
			Бой и брак при сортировке и упаковке	6,0	0,10
			Брак декорированного обжига	48,4	0,80
			Брак при декорировании	2,42	0,04
Сумма	6056,86	100,00	Сумма	6056,86	100,00
<b>Невязка: 0,00%</b>					

Таблица П. 8

Материальный баланс цеха глазурования, политого обжига, сортировки и маркировки

Приход			Расход		
Статьи	т/год	%	Статьи	т/год	%
Полуфабрикат после уфельного обжига	6168,7	85,45	Белье (нераскрашенные изделия)	6056,9	83,90
			Бой при сортировке, маркировке	30,4	0,42
Глазурная суспензия	1050,6	14,55	Брак политого обжига	529,3	7,33
			Потери при прокаливании	118,3	1,64
			Вода, испарённая при политом обжиге	137,4	1,90
			Вода, испарённая при подсушке в цехе	325,8	4,51
			Потери глазурной суспензии	21,0	0,29
Сумма	7219,3	100,00	Сумма	7219,3	100,0

**Невязка: 0,00%.**

Таблица П. 9

## Материальный баланс цеха формования, сушки, уфельного обжига

Приход			Расход		
Статья	т/год	%	Статья	т/год	%
1	2	3	4	5	6
Формовочная масса	9912,78	100	Полуфабрикат после уфельного обжига	6168,73	62,23
			Брак уфельного обжига	393,75	3,97
			Брак сушки	142,30	1,44
			Брак подвялки	58,51	0,59
			Брак формования	89,22	0,90
			Вода, удалённая при уфельном обжиге	139,45	1,41
			Вода, удалённая при сушке	1185,80	11,96
			Вода, удалённая при подвялке	473,16	4,77
			Отходы при формовании	991,28	10,00
			Потери при прокаливании при уфельном обжиге	270,59	2,73
Сумма	9912,78	100,00	Сумма	9912,78	100,00

Невязка: 0,00%.

## Материальный баланс массозаготовительного цеха

Приход			Расход		
1	2	3	4	5	6
Статья	т/год	%	Статья	т/год	%
Каолин Просяновский	2248,92	13,20	<b>Готовая масса</b>	9912,78	58,19
Глина Веселовская	813,69	4,78	Потери массы при транспортировке	1,0	0,01
Глина Трошковская	307,39	1,80			
Кварцевый песок Раменский	1771,44	10,40	Потери массы при втором промине, гомогенизации	4,96	0,03
Пегматит Енский	1478,09	8,68			
Глинозем технический	139,02	0,82			
Череп утельный	144,09	0,85	Потери массы при вылёживании	9,93	0,06
Череп политой	494,52	2,90			
Вода на мокрый помол	4700,85	27,60	Потери массы при первом промине, гомогенизации	4,97	0,03
Вода на роспуск каолина	2690,61	15,80			
Вода на роспуск брака	964,21	5,66	Потери массы при фильтр-прессовании	19,907	0,12
Возвратный брак	1281,30	7,52	<b>Технологические потери:</b>		
			<b>1. Готовой суспензии:</b>		
			Потери суспензии при ситовом и магнитном обогащении	3,40	0,02
			Потери суспензии при хранении	16,98	0,10

Продолжение таблицы П. 10

1	2	3	4	5	6
			Потери воды при фильтр-прессовании	7008,11	41,14
			<b>2. Каолина Прося- новского:</b>		
			Потери при дозировке	2,24	0,01
			Потери при транспор- тировке	2,25	0,01
			Потери на складе сы- рья	2,25	0,01
			<b>3. Глины Веселов- ской:</b>		
			Потери при дозировке	0,81	0,00
			Потери при транспор- тировке	0,81	0,00
			Потери на складе сы- рья	0,81	0,00
			<b>4. Глины Трошков- ской:</b>		
			Потери при дозировке	0,31	0,00
			Потери при транспор- тировке	0,31	0,00
			Потери на складе сы- рья	0,31	0,00
			<b>5. Кварцевого песка:</b>		
			Потери при дозировке	1,77	0,01
			Потери при транспор- тировке	1,77	0,01
			Потери на складе сы- рья	1,77	0,01
			<b>6. Пегматита Енско- го:</b>		
			Потери при дозировке	1,48	0,01
			Потери при транспор- тировке	1,48	0,01
			Потери на складе сы- рья	1,48	0,01

## Окончание таблицы П. 10

1	2	3	4	5	6
			<b>7. Глинозема технического:</b>		
			Потери при дозировке	0,14	0,00
			Потери при транспортировке	0,14	0,00
			Потери на складе сырья	0,14	0,00
			<b>8. Боя утельного:</b>		
			Потери при дозировке	0,14	0,00
			Потери при транспортировке	0,14	0,00
			Потери на складе сырья	0,14	0,00
			<b>9. Боя политого:</b>		
			Потери при дозировке	0,49	0,00
			Потери при транспортировке	0,49	0,00
			Потери при предварительной подготовке	0,49	0,00
			Потери на складе сырья	0,49	0,00
			<b>10. Суспензии отощающих</b>		
			Потери суспензии при транспортировке	9,81	0,06
			Потери суспензии при помоле	9,82	0,06
			Потери суспензии при хранении	9,83	0,06
Сумма	17034,15	100,00	Сумма	17034,15	100,00

0,00%.



## Сводный материальный баланс производства

Приход			Расход		
Статья	т/год	%	Статья	т/год	%
1	2	3	4	5	6
Каолин Просяновский	2248,92	12,44	Готовые изделия	6000,00	33,18
Глина Веселовская	813,69	4,50	Потери при прокаливании	118,35	0,65
Глина Трошковская	307,39	1,70	Потери при прокаливании	270,59	1,50
Кварцевый песок Раменский	1771,44	9,80	<b>Удаляемая влага:</b>		
Пегматит Енский	1478,09	8,17	Вода, испарённая при политом обжиге	137,45	0,76
Глинозем технический	139,02	0,77	Вода, испарённая при подсушке в цехе	325,85	1,80
Череп утельный	144,09	0,80			
Череп политой	494,52	2,73	Вода, удалённая при утельном обжиге	139,45	0,77
Вода на мокрый помол	4700,85	25,99	Вода, удалённая при сушке	1185,80	6,56
Вода на роспуск каолина	2690,61	14,88	Вода, удалённая при подвялке	473,16	2,62
Вода на роспуск брака	964,21	5,33	Потери глазурной суспензии	21,01	0,12
Глазурная суспензия	1050,6	5,81	<b>Технологические потери:</b>		
Возвратный брак	1281,30	7,09	<b>1. Готовой суспензии</b>		
			Потери суспензии при ситовом и магнитном обогащении	3,40	0,02
			Потери суспензии при хранении	16,98	0,09
			Потери воды при фильтр-прессовании	7008,11	38,75

Продолжение таблицы П. 11

1	2	3	4	5	6
			<b>2. Каолина Просняновского:</b>		
			Потери при дозировке	2,24	0,01
			Потери при транспортировке	2,25	0,01
			Потери на складе сырья	2,25	0,01
			<b>3. Глины Веселовской:</b>		
			Потери при дозировке	0,81	0,00
			Потери при транспортировке	0,81	0,00
			Потери на складе сырья	0,81	0,00
			<b>4. Глины Трошковской:</b>		
			Потери при дозировке	0,31	0,00
			Потери при транспортировке	0,31	0,00
			Потери на складе сырья	0,31	0,00
			<b>5. Кварцевого песка:</b>		
			Потери при дозировке	1,77	0,01
			Потери при транспортировке	1,77	0,01
			Потери на складе сырья	1,77	0,01
			<b>6. Пегматита Енского:</b>		
			Потери при дозировке	1,48	0,01
			Потери при транспортировке	1,48	0,01
			Потери на складе сырья	1,48	0,01
			<b>7. Глинозема технического:</b>		
			Потери при дозировке	0,14	0,001
			Потери при транспортировке	0,14	0,001
			Потери на складе сырья	0,14	0,001

Продолжение таблицы П. 11

1	2	3	4	5	6
			<b>8.Боя утельного:</b>		
			Потери при дозировке	0,14	0,001
			Потери при транспортировке	0,14	0,001
			Потери на складе сырья	0,14	0,001
			<b>9. Боя политого:</b>		
			Потери при дозировке	0,49	0,003
			Потери при транспортировке	0,49	0,003
			Потери при предварительной подготовке	0,49	0,003
			Потери на складе сырья	0,49	0,003
			<b>10. Суспензии отощающих:</b>		
			Потери суспензии при транспортировке	9,81	0,05
			Потери суспензии при помоле	9,82	0,05
			Потери суспензии при хранении	9,83	0,05
			<b>11. Готовой массы:</b>		
			Потери массы при транспортировке	0,99	0,01
			Потери массы при втором промине, гомогенизации	4,96	0,03
			Потери массы при вылёживании	9,93	0,05
			Потери массы при первом промине, гомогенизации	4,97	0,03
			Потери массы при фильтр-прессовании	19,91	0,11

## Окончание таблицы П. 11

1	2	3	4	5	6
			<b>12. Боя и брака:</b>		
			Бой и брак при сортировке и упаковке	6,01	0,03
			Брак декорированного обжига	48,44	0,27
			Брак при декорировании	2,42	0,01
			Бой при сортировке, маркировке	30,44	0,17
			Брак политого обжига	529,33	2,93
			Брак утельного обжига	393,75	2,18
			Брак сушки	142,30	0,79
			Брак подвялки	58,51	0,32
			Брак формования	89,22	0,49
			Отходы при формовании	991,28	5,48
Сумма:	18084,71	100,00	Сумма:	18084,71	100,00

Невязка: 0,00%.

**Excel – таблицы программы расчета материального баланса  
производства изделий из хозяйственного фарфора методом  
шликерного литья**

Таблица П. 12

Исходные данные

1	2
Плановая производительность по фарфоровым изделиям, млн шт/год	20,00
<b>Шихтовой состав массы, мас. %:</b>	
Каолин Просяновский	28,70
Глина Веселовская	10,00
Глина Трошковская	4,00
Кварцевый песок Раменский	25,10
Пегматит Енский	21,20
Глинозем технический	2,00
Череп утельный	2,00
Череп политой	7,00
<b>ППП массы общие</b>	5,28
ППП массы при утельном обжиге	3,96
ППП массы при политом обжиге	1,32
<b>Влажность сырьевых компонентов, %</b>	
Каолин Просяновский	12,00
Глина Веселовская	15,00
Глина Трошковская	10,00
Кварцевый песок Раменский	2,00
Пегматит Енский	0,80
Глинозем технический	0,50
Череп утельный	4,00
Череп политой	2,00
<b>Параметры глазури, мас. %</b>	
<b>Влажность глазурной суспензии, %</b>	45,00
<b>Массовое содержание глазури на черепке в процессе глазу- рования, %</b>	10,00
<b>ППП глазури</b>	6,52
<b>Влажность промежуточных полуфабрикатов, %</b>	
Влажность суспензии при распускании каолина	60,00
Влажность суспензии при помоле в шаровой мельнице	50,00
Влажность массы на фильтре-прессе	25,00
Влажность литейного шликера	32,00
Влажность полуфабриката после литья	24,00

1	2
Влажность полуфабриката после подвялки	16,00
Влажность полуфабриката после сушки	2,00
Влажность полуфабриката перед политым обжигом	2,00
<b>Характеристики готовой продукции</b>	
Масса условно готового изделия, кг	0,10
<b>Нормы технологических потерь и брака, %</b>	
<b>Бой изделий:</b>	
На сортировке и упаковке	0,20
При декорированном обжиге	1,00
При декорировании	0,10
При сортировке	1,00
При политом обжиге	10,00
При садке на вагонетки	0,10
При глазуровании	0,50
При утельном обжиге	7,00
При сушке	3,00
При подвялке	3,00
При оправке, отделке	5,00
При литье	5,00
<b>Потери:</b>	
При транспортировке шликера	0,10
При приготовлении глазури	2,00
При роспуске коржей	0,20
При ситовом и магнитном обогащении	0,02
При хранении	0,10
При дозировке сырьевых материалов	0,10
При транспортировке	0,10
Шликер рекуперации*	50,00
Зачистка и оправка полуфабрикатов	1,60
Потери при предварительной подготовке боя и брака изделий (дроблении и помоле)	0,10
Потери глазури при глазуровании	5,00
Потери на складе сырья	0,10

\* При наливном способе формования изделия масса шликера рекуперации равна нулю.

## Вспомогательные расчеты

<b>Расчет суммарного значения потерь при прокаливании черепа и глазури при политом обжиге, кг</b>	
1	2
Масса абсолютно сухой глазури на изделии	0,01
Масса слоя глазури перед политым обжигом с учётом потерь при прокаливании глазури, кг	0,01
Масса изделия без глазури после обжига, кг	0,09
Масса собственно изделия до обжига с учётом потерь при прокаливании массы, кг	0,09
Масса абсолютно сухого изделия до обжига (с глазурью), кг	0,10
<b>Суммарные потери при прокаливании полуфабриката, %</b>	<b>1,87</b>
<b>Расчет влажности полуфабриката после глазурования, кг</b>	
Масса глазурной суспензии	0,02
Масса воды, аккумулярованной полуфабрикатом	0,01
Масса полуфабриката после глазурования	0,11
Влажность полуфабриката после глазурования, %	7,91
Масса полуфабриката непосредственно перед политым обжигом	0,10
Процентное содержание глазурной суспензии на одном изделии	17,58
Масса воды, испаренная в цехе при хранении полуфабриката возле печи политого обжига	0,01
<b>Расчет влажности сырьевой смеси, поступающей на помол в шаровую мельницу, мас.ч.</b>	
Содержание в шаровой мельнице глины Веселовской	14,03
Масса глины Веселовской, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности	16,50
Масса воды, внесенная на помол глиной Веселовской	2,48
Содержание в шаровой мельнице глины Трошковской	5,61
Масса глины Трошковской, поступающая в шаровую мельницу с учетом влажности	6,23
Масса воды, внесенная на помол глиной Трошковской	0,62
Содержание в шаровой мельнице пегматита Енского	29,73
Масса пегматита, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности	29,97
Масса воды, внесенная на помол полевого шпата	0,24
Содержание в шаровой мельнице кварцевого песка	35,20

Окончание таблицы П. 13

1	2
Масса глины Веселовской, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности	35,92
Масса воды, внесенная на помол кварцевым песком	0,72
Содержание в шаровой мельнице глинозема	2,81
Масса глинозема, поступающая в шаровую мельницу с учетом влажности	2,82
Масса воды, внесенная на помол глиноземом	0,01
Содержание в шаровой мельнице утельного черепа	2,81
Масса утельного черепа, поступающая в шаровую мельницу с учетом влажности	2,92
Масса воды, внесенная на помол утельного черепа	0,12
Содержание в шаровой мельнице политого черепа	9,82
Масса политого черепа, поступающая в шаровую мельницу с учетом влажности	10,02
Масса воды, внесенная на помол политого черепа	0,20
<b>Влажность смеси сырьевых материалов, поступающих на помол в шаровую мельницу, %</b>	<b>4,20</b>
<b>Расчет влажности суспензии, получаемой на стадии смешения, мас.ч.</b>	
Масса суспензии каолина Просяновского с учетом влажности	71,75
Масса воды в суспензии каолина Просяновского	43,05
Масса суспензии отощающих материалов	142,60
Масса воды в суспензии отощающих	71,30
Масса суспензии, получаемая при смешении суспензии каолина и суспензии отощающих	214,35
Влажность суспензии в смесительном бассейне, %	53,35

Таблица П. 14

## Расчет материального баланса

<b>Цех декорирования, декорированного обжига и сортировки</b>	
1	2
Производительность завода по массе готовых изделий, т/год	2000,00
Масса изделий, поступающая на сортировку, упаковку с учётом боя на складе, т/год	2004,01
Бой и брак при сортировке, т/год	4,01
Масса изделий, поступающая на декорированный обжиг с учетом брака при обжиге, т/год	2024,25



Продолжение таблицы П. 14

1	2
Бой и брак при декорированном обжиге, т/год	20,24
Масса изделий, поступающая на декорирование, с учетом брака, т/год	2026,28
Бой и брак при декорировании, т/год	2,03
<b>Цех глазурования, политого обжига, сортировки и маркировки</b>	
Масса изделий, поступающая на сортировку с учетом брака, выявленного при сортировке, т/год	2046,74
Бой и брак при сортировке, т/год	20,47
Масса изделий после политого обжига с учётом брака политого обжига, т/год	2274,16
Бой и брак при политом обжиге, т/год	227,42
Масса изделий после политого обжига с учетом ППП полуфабриката, т/год	2317,40
Потери при прокаливании массы и глазури, т/год	43,24
Масса изделий, поступающая на политый обжиг с учетом влажности, т/год	2364,69
Масса влаги, испаренная при политом обжиге полуфабрикатов, т/год	47,29
Масса полуфабриката, поступающая на обжиговых вагонетках на запасной путь с влажностью после глазурования, т/год	2516,45
Масса воды, испаренная при подсушке в цехе, т/год	151,75
<b>Расчет расхода глазурной суспензии</b>	
Масса глазурной суспензии с влажностью 45%, необходимой для покрытия полуфабриката глазурью, т/год	442,32
Масса глазурной суспензии с учётом потерь при глазуровании, т/год	465,60
Потери глазурной суспензии, т/год	23,28
Масса полуфабриката после утельного обжига, т/год	2074,12
<b>Цех формования, сушки, утельного обжига</b>	
Масса полуфабриката, поступающая на утельный обжиг, с учётом брака утельного обжига, т/год	2230,24
Брак утельного обжига, т/год	156,12
Масса полуфабриката, поступающая на утельный обжиг, с потерями при прокаливании при утельном обжиге, т/год	2322,20
Потери при прокаливании при утельном обжиге, т/год	91,96

Окончание таблицы П. 14

1	2
Масса полуфабриката, поступающая на уфельный обжиг, с учётом влажности после сушки, т/год	2369,59
Масса воды, удалённой при уфельном обжиге, т/год	47,39
Масса полуфабриката после сушки с учётом брака сушки, т/год	2442,88
Брак при сушке (возвратный), т/год	73,29
Масса полуфабриката, поступающая на сушку, с учётом влажности после подвялки и влажности после сушки, т/год	2850,02
Масса воды, удалённая при сушке, т/год	407,15
Масса полуфабриката после подвялки с учётом брака подвялки, т/год	2938,17
Брак при подвялке (возвратный), т/год	88,15
Масса полуфабриката, поступающая на подвялку, с учётом влажности после подвялки и влажности свежеформованного полуфабриката, т/год	3629,50
Масса воды, удалённая при подвялке, т/год	691,33
Масса сформованного полуфабриката с учётом брака формования, т/год	3820,53
Масса брака формования (возвратные отходы), т/год	191,03
Масса сформованного полуфабриката с учётом отходов при формовании, т/год	7641,06
Шликер рекуперации (возвратные), т/год	3820,53

Таблица П. 15

## Массозаготовительный цех

<b>Приготовление формовочной массы</b>	
1	2
Масса шликера, с учетом потерь при хранении, т/год	7648,70
<i>Потери шликера при хранении, т/год</i>	7,65
Масса шликера с учетом потерь при ситовом и магнитном обогащении, т/год	7650,23
<i>Потери шликера при ситовом и магнитном обогащении, т/год</i>	1,53
Количество шликера с учётом потерь при роспуске коржей, т/год	7665,57
<i>Потери шликера при роспуске коржей, т/год</i>	15,33
Масса коржей, поступающих на роспуск, т/год	6950,11
<i>Масса воды, подаваемая на роспуск коржей, т/год</i>	715,45

1	2
Масса суспензии, подаваемая на фильтр-прессование с учётом влажностей коржей и влажности суспензии, т/год	11173,17
<i>Потери воды при фильтр-прессовании</i>	4223,06
Масса суспензии, подаваемая на хранение в бассейн чистой суспензии с учётом потерь при перекачке, т/год	11184,36
<i>Потери суспензии при транспортировке, т/год</i>	11,18
Масса суспензии, с учётом потерь при ситовом и магнитном обогащении, т/год	11186,60
<i>Потери суспензии при ситовом и магнитном обогащении, т/год</i>	2,24
<b>Расчет вклада возвратных отходов (формования, подвялки, сушки) в суспензию сырьевых материалов, подаваемую на фильтр-прессование</b>	
Масса суспензии из брака формования и отходов при формовании с учетом их влажности и влажности суспензии, т/год	5847,16
<i>Масса воды, необходимая для получения суспензии из брака формования и шликера рекуперации, т/год</i>	1835,61
Масса суспензии из брака при подвялке с учетом влажности брака, т/год	158,71
Масса воды, необходимая для получения суспензии из брака при подвялке, т/год	70,56
Масса суспензии из брака при сушке с учетом влажности суспензии и влажности брака, т/год	152,38
Масса воды, необходимая для получения суспензии из брака при сушке, т/год	79,09
Масса суспензии из отходов, т/год	6158,25
Масса воды, необходимая для получения суспензии из отходов и брака формования, подвялки, сушки, т/год	1985,26
<b>Масса суспензии с учетом возвратных отходов, т/год</b>	<b>5028,35</b>
<b>Масса абсолютно сухих компонентов в суспензии, т/год</b>	<b>2345,86</b>
Масса воды в суспензии, т/год	8827,31
<b>Расчет суспензии каолина.</b>	
<b>Расчёт по каолину Просьяновскому</b>	
Масса абсолютно сухого каолина в суспензии с учётом его содержания в шихте, т/год	673,26
Масса каолина с влажностью.	765,07
<b>Масса Каолиновой суспензии, т/год</b>	<b>1683,15</b>
Масса каолина, поступающая на роспуск, т/год	765,07
<i>Масса воды для роспуска каолина, т/год</i>	918,08

1	2
Масса каолина с учётом потерь при дозировке, т/год	765,84
<i>Потери при дозировке, т/год</i>	0,77
Масса каолина с учётом потерь при транспортировке, т/год	766,60
<i>Потери при транспортировке, т/год</i>	0,77
Масса каолина с учётом потерь на складе сырья, т/год	767,37
<i>Потери на складе сырья, т/год</i>	0,77
<b>Расчёт суспензии отощающих материалов, получаемой помолом в шаровой мельнице</b>	
Масса суспензии отощающих, т/год	3345,20
Масса суспензии с учётом потерь при транспортировке, т/год	3348,54
<i>Потери суспензии при транспортировке, т/год</i>	3,35
Масса суспензии с учётом потерь при помоле, т/год	3351,90
<i>Потери суспензии при помоле, т/год</i>	3,35
Масса суспензии с учётом потерь при хранении в бассейне, т/год	3355,25
<i>Потери суспензии при хранении в бассейне, т/год</i>	3,36
Масса абсолютно сухого вещества в суспензии с учётом влажности суспензии, т/год	1677,63
Масса воды, содержащаяся в суспензии, т/год	1677,63
<b>Расчет по глине Веселовской</b>	
Масса абсолютно сухой глины в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год	235,29
Масса глины с влажностью, т/год	276,81
Масса воды в глине	41,52
Масса глины с учётом потерь при дозировке, т/год	277,09
<i>Потери при дозировке, т/год</i>	0,28
Масса глины с учётом потерь при транспортировке, т/год	277,37
<i>Потери при транспортировке, т/год</i>	0,28
Масса глины с учётом потерь на складе сырья, т/год	277,65
<i>Потери на складе сырья, т/год</i>	0,28
<b>Расчет по глине Трошковской</b>	
Масса абсолютно сухой глины в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год	94,12
Масса глины с влажностью, т/год	104,57
Масса воды в глине	10,46
Масса глины с учётом потерь при дозировке, т/год	104,68
<i>Потери при дозировке, т/год</i>	0,10
Масса глины с учётом потерь при транспортировке, т/год	104,78
<i>Потери при транспортировке, т/год</i>	0,10

1	2
Масса глины с учётом потерь на складе сырья, т/год	104,89
<i>Потери на складе сырья, т/год</i>	0,10
<b>Расчет по пегматиту Енскому</b>	
Масса абсолютно сухого пегматита в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год	498,82
Масса пегматита с влажностью, т/год	502,84
Масса воды в пегматите	4,02
Масса пегматита с учётом потерь при дозировке, т/год	503,34
<i>Потери при дозировке, т/год</i>	0,50
Масса пегматита с учётом потерь при транспортировке, т/год	503,85
<i>Потери при транспортировке, т/год</i>	0,50
Масса пегматита с учётом потерь на складе сырья, т/год	504,35
<i>Потери на складе сырья, т/год</i>	0,50
<b>Расчёт по кварцевому песку Раменскому</b>	
Масса абсолютно сухого кварцевого песка в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год	590,58
Масса кварцевого песка с влажностью, т/год	602,63
Масса воды в кварцевом песке	12,05
Масса кварцевого песка с учётом потерь при дозировке, т/год	603,24
<i>Потери при дозировке, т/год</i>	0,60
Масса кварцевого песка с учётом потерь при транспортировке, т/год	603,84
<i>Потери при транспортировке, т/год</i>	0,60
Масса кварцевого песка с учётом потерь на складе сырья, т/год	604,44
<i>Потери на складе сырья, т/год</i>	0,60
<b>Расчёт по глинозему техническому</b>	
Масса абсолютно сухого глинозема технического в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год	47,06
Масса кварцевого песка с влажностью, т/год	47,29
Масса воды в глиноземе	0,24
Масса глинозема технического с учётом потерь при дозировке, т/год	47,34
<i>Потери при дозировке, т/год</i>	0,05
Масса глинозема технического с учётом потерь при транспортировке, т/год	47,39
<i>Потери при транспортировке, т/год</i>	0,05
Масса глинозема технического с учётом потерь на складе сырья, т/год	47,44

1	2
<i>Потери на складе сырья, т/год</i>	0,05
<b>Расчёт по бою утельному</b>	
Масса абсолютно сухого утельного боя в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год	47,06
Масса утельного боя с влажностью, т/год	49,02
Масса воды в бое, т/год	1,96
Масса утельного боя с учётом потерь при дозировке, т/год	49,07
<i>Потери при дозировке, т/год</i>	0,05
Масса утельного боя с учётом потерь при транспортировке, т/год	49,12
<i>Потери при транспортировке, т/год</i>	0,05
Масса утельного боя с учётом потерь на складе сырья, т/год	49,17
<i>Потери на складе сырья, т/год</i>	0,05
<b>Расчёт по бою политому</b>	
Масса абсолютно сухого политого боя в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год	164,70
Масса политого боя с влажностью, т/год	168,07
Масса воды в бое, т/год	3,36
Масса политого боя с учётом потерь при дозировке, т/год	168,23
<i>Потери при дозировке, т/год</i>	0,17
Масса политого боя с учётом потерь при транспортировке, т/год	168,40
<i>Потери при транспортировке, т/год</i>	0,17
Масса боя с учётом потерь при предварительной подготовке (дроблении и помоле) боя, т/год	168,57
<i>Потери боя и брака изделий при предварительной подготовке, т/год</i>	0,17
Масса политого боя с учётом потерь на складе сырья, т/год	168,74
<i>Потери на складе сырья, т/год</i>	0,17
<b>Масса смеси сырьевых материалов, загружаемая в шаровую мельницу с учётом влажности смеси, т/год</b>	1751,24
<b>Масса воды, которую нужно добавить на помол отошающих материалов, чтобы обеспечить влажность суспензии отошающих материалов, т/год</b>	1604,01

Таблица П. 16

Материальный баланс цеха декорирования, декорированного обжига и сортировки

Приход			Расход		
Статьи	т/год	%	Статьи	т/год	%
Белье (нераскрашенное)	2026,28	100,00	Готовые изделия	2000,00	98,70
			Бой и брак при сортировке и упаковке	4,01	0,20
			Брак декорированного обжига	20,24	1,00
			Брак при декорировании	2,03	0,10
Сумма	2026,28	100,00	Сумма	2026,28	100,00

**Невязка: 0,00%.**

Таблица П. 17

Материальный баланс цеха глазурования, политого обжига, сортировки и маркировки

Приход			Расход		
Статьи	т/год	%	Статьи	т/год	%
Полуфабрикат после уфельного обжига	2074,12	81,67	Белье (нераскрашенные изделия)	2026,28	79,78
			Бой при сортировке, маркировке	20,47	0,81
Глазурная суспензия	465,60	18,33	Брак политого обжига	227,42	8,95
			Потери при прокаливании	43,24	1,70
			Вода, испарённая при политом обжиге	47,29	1,86
			Вода, испарённая при подсушке в цехе	151,75	5,98
			Потери глазурной суспензии	23,28	0,92
Сумма	2539,73	100,00	Сумма	2539,73	100,00

**Невязка: 0,00%.**

Таблица П. 18

## Материальный баланс цеха формования, сушки, уфельного обжига

Приход			Расход		
Статья	т/год	%	Статья	т/год	%
1	2	3	4	5	6
Литейный шликер	7641,06	100,00	Полуфабрикат после уфельного обжига	2074,12	27,14
			Брак уфельного обжига	156,12	2,04
			Брак сушки	73,29	0,96
			Брак подвялки	88,15	1,15
			Брак формования	191,03	2,50
			Вода, удалённая при уфельном обжиге	47,39	0,62
			Вода, удалённая при сушке	407,15	5,33
			Вода, удалённая при подвялке	691,33	9,05
			Потери при прокаливании при уфельном обжиге	91,96	1,20
			Отходы при формовании	3820,53	50,00
Сумма	7641,06	100,00	Сумма	7641,06	100,00

Невязка: 0,00%.

Таблица П. 19

## Материальный баланс массозаготовительного цеха

Приход			Расход			
1	2	3	4	5	6	
Статья	т/год	%	Статья	т/год	%	
Каолин Просяновский	767,37	6,44	<b>Литейный шликер</b>	7641,06	64,10	
Глина Веселовская	277,65	2,33		Потери шликера при хранении, т/год	7,65	0,06
Глина Трошковская	104,89	0,88				



Продолжение таблицы П. 19

1	2	3	4	5	6
Кварцевый песок Раменский	604,44	5,07	Потери шликера при ситовом и магнитном обогащении, т/год	1,53	0,01
Пегматит Енский	504,35	4,23			
Глинозем технический	47,44	0,40			
Череп утельный	49,17	0,41	Потери шликера при роспуске коржей, т/год	15,33	0,13
Череп политой	168,74	1,42			
Вода на мокрый помол	1604,01	13,46	Потери воды при фильтропрессовании, т/год	4223,06	35,43
Вода на роспуск каолина	918,08	7,70	<b>Технологические потери:</b>		
Вода на роспуск брака	1985,26	16,66	<b>1.Готовой суспензии:</b>		
Возвратный брак	4172,99	35,01	Потери суспензии при ситовом и магнитном обогащении, т/год	2,24	0,02
Вода на роспуск коржей	715,45	6,00	Потери суспензии при транспортировке, т/год	11,18	0,09
			<b>2.Сырья:</b>		
			<b>Каолин Просьяновский:</b>		
			Потери при дозировке	0,77	0,01
			Потери при транспортировке	0,77	0,01
			Потери на складе сырья	0,77	0,01
			<b>Глина Веселовская:</b>		
			Потери при дозировке	0,28	0,00

Продолжение таблицы П. 19

1	2	3	4	5	6
			Потери при транспортировке	0,28	0,00
			Потери на складе сырья	0,28	0,00
			<b>Глина Трошковская:</b>		
			Потери при дозировке	0,10	0,00
			Потери при транспортировке	0,10	0,00
			Потери на складе сырья	0,10	0,00
			<b>Кварцевый песок:</b>		
			Потери при дозировке	0,60	0,01
			Потери при транспортировке	0,60	0,01
			Потери на складе сырья	0,60	0,01
			<b>Пегматит Енский:</b>		
			Потери при дозировке	0,50	0,00
			Потери при транспортировке	0,50	0,00
			Потери на складе сырья	0,50	0,00
			<b>Глинозем технический:</b>		
			Потери при дозировке	0,05	0,00
			Потери при транспортировке	0,05	0,00
			Потери на складе сырья	0,05	0,00
			<b>Бой утельный:</b>		
			Потери при дозировке	0,05	0,00
			Потери при транспортировке	0,05	0,00

## Окончание таблицы П. 19

1	2	3	4	5	6
			Потери на складе сырья	0,05	0,00
			<b>Бой политой:</b>		
			Потери при дозировке	0,17	0,00
			Потери при транспортировке	0,17	0,00
			Потери при предварительной подготовке	0,17	0,00
			Потери на складе сырья	0,17	0,00
			<b>3. Суспензии отощающих</b>		
			Потери суспензии при транспортировке	3,35	0,03
			Потери суспензии при помоле	3,35	0,03
			Потери суспензии при хранении	3,36	0,03
Сумма	11919,84	100,00	Сумма	11919,84	100,00

**Невязка: 0,00%.**

Таблица П. 20

## Сводный материальный баланс производства

Приход			Расход		
1	2	3	4	5	6
Статья	т/год	%	Статья	т/год	%
Каолин Просяновский	767,37	6,20	Готовые изделия	2000,00	16,15
Глина Веселовская	277,65	2,24	Потери при прокаливании	43,24	0,35
Глина Трошковская	104,89	0,85	Потери при прокаливании	91,96	0,74
Кварцевый песок Раменский	604,44	4,88	<b>Удаляемая влага:</b>		
Пегматит Енский	504,35	4,07	Вода, испарённая при политом обжиге	47,29	0,38
Глинозем технический	47,44	0,38	Вода, испарённая при подсушке в цехе	151,75	1,23
Череп утельный	49,17	0,40	Вода, удалённая при утельном обжиге	47,39	0,38
Череп политой	168,74	1,36			
Вода на мокрый помол	1604,01	12,95	Вода, удалённая при сушке	407,15	3,29
Вода на роспуск каолина	918,08	7,41	Вода, удалённая при подвялке	691,33	5,58
Вода на роспуск брака	1985,26	16,03	Потери глазурной суспензии	23,28	0,19
Глазурная суспензия	465,60	3,76	<b>Технологические потери:</b>		
Возвратный брак	4172,99	33,69	<b>1. Готовой суспензии</b>		
Вода на роспуск коржей	715,45	5,78	Потери суспензии при ситовом и магнитном обогащении	2,24	0,02
			Потери суспензии при хранении	11,18	0,09
			Потери воды при фильтр-прессовании	4223,06	34,10

Продолжение таблицы П. 20

1	2	3	4	5	6
			<b>2. Каолина Просьяновского:</b>		
			Потери при дозировке	0,77	0,01
			Потери при транспортировке	0,77	0,01
			Потери на складе сырья	0,77	0,01
			<b>3. Глины Веселовской:</b>		
			Потери при дозировке	0,28	0,00
			Потери при транспортировке	0,28	0,00
			Потери на складе сырья	0,28	0,00
			<b>4. Глины Трошковской:</b>		
			Потери при дозировке	0,10	0,00
			Потери при транспортировке	0,10	0,00
			Потери на складе сырья	0,10	0,00
			<b>5. Кварцевого песка:</b>		
			Потери при дозировке	0,60	0,00
			Потери при транспортировке	0,60	0,00
			Потери на складе сырья	0,60	0,00
			<b>6. Пегматита Енского:</b>		
			Потери при дозировке	0,50	0,00
			Потери при транспортировке	0,50	0,00
			Потери на складе сырья	0,50	0,00
			<b>7. Глинозема технического:</b>		
			Потери при дозировке	0,05	0,00
			Потери при транспортировке	0,05	0,00
			Потери на складе сырья	0,05	0,00
			<b>8. Боя утельного:</b>		
			Потери при дозировке	0,05	0,00
			Потери при транспортировке	0,05	0,00

## Окончание таблицы П. 20

1	2	3	4	5	6
			Потери на складе сырья	0,05	0,00
			<b>9. Боя политого:</b>		
			Потери при дозировке	0,17	0,00
			Потери при транспортировке	0,17	0,00
			Потери при предварительной подготовке	0,17	0,00
			Потери на складе сырья	0,17	0,00
			<b>10. Суспензии отошающих:</b>		
			Потери суспензии при транспортировке	3,35	0,03
			Потери суспензии при помоле	3,35	0,03
			Потери суспензии при хранении	3,36	0,03
			<b>11. Литейного шликера:</b>		
			Потери шликера при хранении	7,65	0,06
			Потери шликера при ситовом и магнитном обогащении	1,53	0,01
			Потери шликера при роспуске коржей	15,33	0,12
			<b>12. Боя и брака:</b>		
			Бой и брак при сортировке и упаковке	4,01	0,03
			Брак декорированного обжига	20,24	0,16
			Брак при декорировании	2,03	0,02
			Бой при сортировке, маркировке	20,47	0,17
			Брак политого обжига	227,42	1,84
			Брак утельного обжига	156,12	1,26
			Брак сушки	73,29	0,59
			Брак подвялки	88,15	0,71
			Брак формования	191,03	1,54
			Отходы при формовании	3820,53	30,85
<b>Сумма:</b>	<b>12385,44</b>	<b>100,00</b>	<b>Сумма:</b>	<b>12385,44</b>	<b>100,00</b>

Невязка: 0,00%.

Описание программы расчета материального баланса производства изделий из хозяйственного фарфора методом пластического формования

Адрес ячейки	Содержимое ячейки
1	2
B1	Таблица 1
A2	Исходные данные
A3	Плановая производительность по изделиям, млн шт./год
A4	Шихтовой состав массы, мас. %:
A5	Каолин Просяновский
A6	Глина Веселовская
A7	Глина Трошковская
A8	Кварцевый песок Раменский
A9	Пегматит Енский
A10	Глинозем технический
A11	Череп утельный
A12	Череп политой
A13	ППП массы общие
A14	ППП массы при утельном обжиге
A15	ППП массы при политом обжиге
A16	Влажность сырьевых компонентов, %
A17	Каолин Просяновский
A18	Глина Веселовская
A19	Глина Трошковская
A20	Кварцевый песок Раменский
A21	Пегматит Енский
A22	Глинозем технический
A23	Череп утельный
A24	Череп политой
A25	Параметры глазури, мас. %
A26	Влажность глазурной суспензии, %
A27	Массовое содержание глазури на черепке в процессе глазурования, %
A28	ППП глазури
A20	Влажность промежуточных полуфабрикатов, %
A31	Влажность суспензии при распускании каолина
A32	Влажность суспензии при помоле в шаровой мельнице
A33	Влажность массы на фильтре-прессе
A34	Влажность массы после гомогенизации и вакуумирования
A35	Влажность полуфабриката после формования

1	2
A36	Влажность полуфабриката после подвялки
A37	Влажность полуфабриката после сушки
A38	Влажность полуфабриката после глазурования
A39	Характеристики готовой продукции
A40	Масса условно готового изделия, кг
A41	Нормы технологических потерь и брака, %
A42	Бой изделий:
A43	На сортировке и упаковке
A44	При декорированном обжиге
A45	При декорировании
A46	При сортировке
A47	При политом обжиге
A48	При садке на вагонетки
A49	При глазуровании
A50	При утельном обжиге
A51	При сушке
A52	При подвялке
A53	При оправке, отделке
A54	При формовании
A55	Потери:
A56	При транспортировке формовочной массы
A57	При гомогенизации формовочной массы
A58	Приготовление глазури
A59	При обезвоживании массы на фильтре-прессе
A60	При ситовом и магнитном обогащении
A61	При хранении
A62	При дозировке сырьевых материалов
A63	При транспортировке
A64	Потери формовочной массы при формовании
A65	Зачистка и оправка полуфабрикатов
A66	Потери при предварительной подготовке (дроблении и помоле)
A67	Потери глазури при глазуровании
A68	Потери на складе сырья
B3	20
B5	28,70
B6	10
B7	4
B8	25,10



## Продолжение таблицы П. 21

1	2
B9	21,20
B10	2
B11	2
B12	7
B13	5,28
B14	3,96
B15	1,32
B17	12
B18	15
B19	10
B20	2
B21	0,80
B22	0,50
B23	4
B24	2
B26	45
B27	8
B28	6,52
B31	60
B32	50
B33	20,50
B34	20,50
B35	20,50
B36	16
B37	2
B38	2
B40	0,30
B43	0,10
B44	0,80
B45	0,04
B46	0,50
B47	8
B48	0,01
B49	0,10
B50	6
B51	2
B52	0,70
B53	2
B54	1

1	2
B56	0,01
B57	0,05
B58	2
B59	0,20
B60	0,02
B61	0,10
B62	0,10
B63	0,10
B64	10
B65	1,60
B66	0,10
B67	2
B68	0,10
B72	Таблица 2
B74	Вспомогательные расчеты
A75 A76	Расчет суммарного значения потерь при прокаливании черепа и глазури при политом обжиге
A77	Масса абсолютно сухой глазури на изделии
A78	Масса слоя глазури перед политым обжигом с учётом потерь при прокаливании глазури, кг
A79	Масса изделия без глазури после обжига, кг
A80	Масса собственно изделия до обжига с учётом потерь при прокаливании массы, кг
A81	Масса абсолютно сухого изделия до обжига (с глазурью), кг
A82	<b>Суммарные потери при прокаливании полуфабриката, %</b>
A83	Расчет влажности полуфабриката после глазуирования
A84	Масса глазурной суспензии
A85	Масса воды, аккумулированной полуфабрикатом
A86	Масса полуфабриката после глазуирования
A87	Влажность полуфабриката после глазуирования
A88	Масса полуфабриката непосредственно перед политым обжигом
A89	Процентное содержание глазурной суспензии на одном изделии
A90	Масса воды, испаренная в цехе при хранении полуфабриката возле печи политого обжига
A91	Расчет влажности сырьевой смеси, поступающей на помол в шаровую мельницу

1	2
A92	Содержание в шаровой мельнице глины Веселовской
A93	Масса глины Веселовской, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности
A94	Масса воды, внесенная на помол глиной Веселовской
A95	Содержание в шаровой мельнице глины Трошковской
A96	Масса глины Трошковской, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности
A97	Масса воды, внесенная на помол глиной Трошковской
A98	Содержание в шаровой мельнице пегматита
A99	Масса полевого шпата, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности
A100	Масса воды, внесенная на помол пегматита
A101	Содержание в шаровой мельнице кварцевого песка
A102	Масса глины Веселовской, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности
A103	Масса воды, внесенная на помол кварцевым песком
A104	Содержание в шаровой мельнице глинозема
A105	Масса глинозема, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности
A106	Масса воды, внесенная на помол глиноземом
A107	Содержание в шаровой мельнице утельного черепа
A108	Масса утельного черепа, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности
A109	Масса воды, внесенная на помол утельного черепа
A110	Содержание в шаровой мельнице политого черепа
A111	Масса политого черепа, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности
A112	Масса воды, внесенная на помол политого черепа
A113	<b>Влажность смеси сырьевых материалов, поступающих на помол в шаровую мельницу</b>
A114	Расчет влажности суспензии, получаемой на стадии смешения
A115	Масса суспензии каолина Просяновского, с учетом влажности
A116	Масса воды в суспензии каолина Просяновского
A117	Масса суспензии отошающих материалов
A118	Масса воды в суспензии отошающих
A119	Масса суспензии, получаемая при смешении суспензии каолина и суспензии отошающих
A120	Влажность суспензии в смесительном бассейне

1	2
B77	=B40*B27/100
B78	=B77*100/(100-B28)
B79	=B40-B77
B80	=B79*100/(100-B15)
B81	=B80+B78
B82	=(B81-B40)*100/B81
B84	=B78*100/(100-B26)
B85	=B84-B78
B86	=B81+B85
B87	=B85*100/B86
B88	=B86*(100-B87)/(100-B38)
B89	=B84*100/B86
B90	=B86-B88
B92	=B6*100/(100-B5)
B93	=B92*100/(100-B18)
B95	=B93-B92
B94	=B7*100/(100-B5)
B96	=B95*100/(100-B19)
B97	=B96-B95
B98	=B9*100/(100-B5)
B99	=B98*100/(100-B21)
B100	=B99-B98
B101	=B8*100/(100-B5)
B102	=B101*100/(100-B20)
B103	=B102-B101
B104	=B10*100/(100-B5)
B105	=B104*100/(100-B22)
B106	=B105-B104
B107	=B11*100/(100-B5)
B108	=B107*100/(100-B23)
B109	=B108-B107
B110	=B12*100/(100-B5)
B111	=B110*100/(100-B24)
B112	=B111-B110
B113	=(B94+B97+B100+B103+B106+B109+B112)*100/(B93+B96+B99+B102+B105+B108+B111)
B115	=B5*100/(100-B31)
B116	=B115-B5
B118	=(B6+B7+B8+B9+B10+B11+B12)*100/(100-B32)

1	2
B119	$=B117-(B6+B7+B8+B9+B10+B11+B12)$
B120	$=B117+B115$
B121	$=(B116+B118)*100/B119$
A124	Таблица 3
A125	Расчет материального баланса
A126	Цех декорирования, декорированного обжига и сортировки
A127	Производительность завода по массе готовых изделий, т/год
A128	Масса изделий, поступающая на сортировку, упаковку, с учётом боя на складе, т/год
A129	Бой и брак при сортировке, т/год
A130	Масса изделий, поступающая на декорированный обжиг, с учетом брака при обжиге, т/год
A131	Бой и брак при декорированном обжиге, т/год
A132	Масса изделий, поступающая на декорирование, с учетом брака, т/год
A133	Бой и брак при декорировании, т/год
A134	Цех глазурования, политого обжига, сортировки и маркировки
A135	Масса изделий, поступающая на сортировку с учетом брака, выявленного при сортировке, т/год
A136	Бой и брак при сортировке, т/год
A137	Масса изделий после политого обжига с учётом брака политого обжига, т/год
A138	Бой и брак при политом обжиге, т/год
A139	Масса изделий после политого обжига с учетом ППП полуфабриката, т/год
A140	Потери при прокаливании массы и глазури, т/год
A141	Масса изделий, поступающая на политый обжиг, с учетом влажности, т/год
A142	Масса влаги, испаренная при политом обжиге полуфабрикатов, т/год
A143	Масса полуфабриката, поступающая на обжиговых вагонетках на запасной путь с влажностью после глазурования, т/год
A144	Масса воды, испаренная при подсушке в цехе, т/год
A145	Расчет расхода глазурной суспензии
A146	Масса глазурной суспензии с влажностью 45%, необходимой для покрытия полуфабриката глазурью, т/год
A147	Масса глазурной суспензии с учётом потерь при глазуровании, т/год
A148	Потери глазурной суспензии, т/год

1	2
A149	Масса полуфабриката после утельного обжига, т/год
A150	Цех формования, сушки, утельного обжига
A151	Масса полуфабриката, поступающая на утельный обжиг, с учётом брака утельного обжига, т/год
A152	Брак утельного обжига, т/год
A153	Масса полуфабриката, поступающая на утельный обжиг, с потерями при прокаливании при утельном обжиге, т/год
A154	Потери при прокаливании при утельном обжиге, т/год
A155	Масса полуфабриката, поступающая на утельный обжиг, с учётом влажности после сушки, т/год
A156	Масса воды, удалённой при утельном обжиге, т/год
A157	Масса полуфабриката после сушки с учётом брака сушки, т/год
A158	Брак при сушке (возвратный), т/год
A159	Масса полуфабриката, поступающая на сушку, с учётом влажности после подвялки и влажности после сушки, т/год
A160	Масса воды, удалённая при сушке, т/год
A161	Масса полуфабриката после подвялки с учётом брака подвялки, т/год
A162	Брак при подвялке (возвратный), т/год
A163	Масса полуфабриката, поступающая на подвялку, с учётом влажности после подвялки и влажности свежесформованного полуфабриката, т/год
A164	Масса воды, удалённая при подвялке, т/год
A165	Масса сформованного полуфабриката с учётом брака формования, т/год
A166	Масса брака формования (возвратные отходы), т/год
A167	Масса сформованного полуфабриката с учётом отходов при формовании, т/год
A168	Отходы при формовании (возвратные), т/год
B127	$=B3*1000000*B40/1000$
B128	$=B127*100/(100-B43)$
B129	$=B128-B127$
B130	$=B128*100/(100-B44)$
B131	$=B130-B128$
B132	$=B130*100/(100-B45)$
B133	$=B132-B130$
B135	$=B132*100/(100-B46)$
B136	$=B135-B132$

1	2
B137	$=B135*100/(100-B47)$
B138	$=B137-B135$
B139	$=B137*100/(100-B82)$
B140	$=B139-B137$
B141	$=B139*100/(100-B38)$
B142	$=B141-B139$
B143	$=B141*(100-B38)/(100-B87)$
B144	$=B143-B141$
B146	$=B143*B89/100$
B147	$=B146*100/(100-B67)$
B148	$=B147-B146$
B149	$=B143-B146$
B151	$=B149*100/(100-B50)$
B152	$=B151-B149$
B153	$=B151*100/(100-B14)$
B154	$=B153-B151$
B155	$=B153*100/(100-B37)$
B156	$=B155-B153$
B157	$=B155*100/(100-B51)$
B158	$=B157-B155$
B159	$=B157*(100-B37)/(100-B36)$
B160	$=B159-B157$
B161	$=B159*100/(100-B52)$
B162	$=B161-B159$
B163	$=B161*(100-B36)/(100-B35)$
B164	$=B163-B161$
B165	$=B163*100/(100-B54)$
B166	$=B165-B163$
B167	$=B165*100/(100-B64)$
B168	$=B167-B165$
A171	Таблица 4
A172	<b>Массозаготовительный цех</b>
A173	<b>Приготовление формовочной массы</b>
A174	Количество формовочной массы с учётом потерь при транспортировке, т/год
A175	<i>Потери формовочной массы при транспортировке, т/год</i>
A176	Количество формовочной массы с учётом потерь при втором промине, гомогенизации, т/год
A177	<i>Потери массы при втором промине, гомогенизации, т/год</i>

1	2
A178	Количество формовочной массы с учётом потерь при вылёживании, т/год
A179	<i>Потери массы при вылёживании, т/год</i>
A180	Количество формовочной массы с учётом потерь при первом промине, гомогенизации, т/год
A181	<i>Потери массы при первом промине, гомогенизации, т/год</i>
A182	Количество формовочной массы с учётом потерь при фильтр-прессовании, т/год
A183	<i>Потери массы при фильтр-прессовании, т/год</i>
A184	Масса суспензии, подаваемая на фильтр-прессование с учётом влажностей формовочной массы и влажности суспензии, т/год
A185	<i>Потери воды при фильтр-прессовании</i>
A186	Масса суспензии, подаваемая на хранение в бассейн чистой суспензии с учётом потерь при перекачке, т/год
A187	<i>Потери суспензии при транспортировке, т/год</i>
A188	Масса суспензии, с учётом потерь при ситовом и магнитном обогащении, т/год
A189	<i>Потери суспензии при ситовом и магнитном обогащении, т/год</i>
A190 A191	<b>Расчет вклада возвратных отходов (формования, подвялки, сушки) в суспензию сырьевых материалов, подаваемую на фильтр-прессование</b>
A192	Масса суспензии из брака формования и отходов при формовании с учетом их влажности и влажности суспензии, т/год
A193	Масса воды, необходимая для получения суспензии из отходов и брака формования, т/год
A194	Масса суспензии из брака при подвялке с учетом влажности брака, т/год
A195	Масса воды, необходимая для получения суспензии из брака при подвялке, т/год
A196	Масса суспензии из брака при сушке с учетом влажности суспензии и влажности брака, т/год
A197	Масса воды, необходимая для получения суспензии из брака при сушке, т/год
A198	Масса суспензии из отходов, т/год
A199	Масса воды, необходимая для получения суспензии из отходов и брака формования, подвялки, сушки, т/год
A200	<b>Масса суспензии с учетом возвратных отходов, т/год</b>
A201	<b>Масса абсолютно сухих компонентов в суспензии, т/год</b>



1	2
A202	Масса воды в суспензии, т/год
A203 A204	<b>Расчет суспензии каолина. Расчёт по каолину Просьяновскому</b>
A205	Масса абсолютно сухого каолина в суспензии с учётом его содержания в шихте, т/год
A206 A207	Масса каолина с влажностью
A208	<b>Масса Каолиновой суспензии, т/год</b>
A209	Масса каолина, поступающая на роспуск, т/год
A210	<i>Масса воды для роспуска каолина, т/год</i>
A211	Масса каолина с учётом потерь при дозировке, т/год
A212	<i>Потери при дозировке, т/год</i>
A213	Масса каолина с учётом потерь при транспортировке, т/год
A214	<i>Потери при транспортировке, т/год</i>
A215	Масса каолина с учётом потерь на складе сырья, т/год
A216	<i>Потери на складе сырья, т/год</i>
A217	<b>Расчёт суспензии отошающих материалов, получаемой помол в шаровой мельнице</b>
A218	Масса суспензии отошающих, т/год
A219	Масса суспензии с учётом потерь при транспортировке, т/год
A220	<i>Потери суспензии при транспортировке т/год</i>
A221	Масса суспензии с учётом потерь при помоле, т/год
A222	<i>Потери суспензии при помоле, т/год</i>
A223	Масса суспензии с учётом потерь при хранении в бассейне, т/год
A224	<i>Потери суспензии при хранении в бассейне, т/год</i>
A225	Масса абсолютно сухого вещества в суспензии с учётом влажности суспензии, т/год
A226	Масса воды, содержащаяся в суспензии, т/год
A227	<b>Расчет по глине Веселовской</b>
A228	Масса абсолютно сухой глины в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год
A229	Масса глины с влажностью, т/год
A230	Масса воды в глине
A231	Масса глины с учётом потерь при дозировке, т/год
A232	<i>Потери при дозировке, т/год</i>
A233	Масса глины с учётом потерь при транспортировке, т/год
A234	<i>Потери при транспортировке, т/год</i>

1	2
A235	Масса глины с учётом потерь на складе сырья, т/год
A236	<i>Потери на складе сырья, т/год</i>
A237	<b>Расчет по глине Трошковской</b>
A238	Масса абсолютно сухой глины в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год
A239	Масса глины с влажностью, т/год
A240	Масса воды в глине
A241	Масса глины с учётом потерь при дозировке, т/год
A242	<i>Потери при дозировке, т/год</i>
A243	Масса глины с учётом потерь при транспортировке, т/год
A244	<i>Потери при транспортировке, т/год</i>
A245	Масса глины с учётом потерь на складе сырья, т/год
A246	<i>Потери на складе сырья, т/год</i>
A247	<b>Расчет по пегматиту Енскому</b>
A248	Масса абсолютно сухого пегматита в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год
A249	Масса пегматита с влажностью, т/год
A250	Масса воды в пегматите
A251	Масса пегматита с учётом потерь при дозировке, т/год
A252	<i>Потери при дозировке, т/год</i>
A253	Масса пегматита с учётом потерь при транспортировке, т/год
A254	<i>Потери при транспортировке, т/год</i>
A255	Масса пегматита с учётом потерь на складе сырья, т/год
A256	<i>Потери на складе сырья, т/год</i>
A257	<b>Расчёт по кварцевому песку Раменскому</b>
A258	Масса абсолютно сухого кварцевого песка в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год
A259	Масса кварцевого песка с влажностью, т/год
A260	Масса воды в кварцевом песке
A261	Масса кварцевого песка с учётом потерь при дозировке, т/год
A262	<i>Потери при дозировке, т/год</i>
A263	Масса кварцевого песка с учётом потерь при транспортировке, т/год
A264	<i>Потери при транспортировке, т/год</i>
A265	Масса кварцевого песка с учётом потерь на складе сырья, т/год
A266	<i>Потери на складе сырья, т/год</i>
A267	<b>Расчёт по глинозему техническому</b>
A268	Масса абсолютно сухого глинозема технического в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год

1	2
A269	Масса кварцевого песка с влажностью, т/год
A270	Масса воды в глиноземе
A271	Масса глинозема технического с учётом потерь при дозировке, т/год
A272	<i>Потери при дозировке, т/год</i>
A273	Масса глинозема технического с учётом потерь при транспортировке, т/год
A274	<i>Потери при транспортировке, т/год</i>
A275	Масса глинозема технического с учётом потерь на складе сырья, т/год
A276	<i>Потери на складе сырья, т/год</i>
A277	<b>Расчёт по бою утельному</b>
A278	Масса абсолютно сухого утельного боя в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год
A279	Масса утельного боя с влажностью, т/год
A280	Масса воды в бое, т/год
A281	Масса утельного боя с учётом потерь при дозировке, т/год
A282	<i>Потери при дозировке, т/год</i>
A283	Масса утельного боя с учётом потерь при транспортировке, т/год
A284	<i>Потери при транспортировке, т/год</i>
A285	Масса утельного боя с учётом потерь на складе сырья, т/год
A286	<i>Потери на складе сырья, т/год</i>
A287	<b>Расчёт по бою политому</b>
A288	Масса абсолютно сухого политого боя в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год
A289	Масса политого боя с влажностью, т/год
A290	Масса воды в бое, т/год
A291	Масса политого боя с учётом потерь при дозировке, т/год
A292	<i>Потери при дозировке, т/год</i>
A293	Масса политого боя с учётом потерь при транспортировке, т/год
A294	<i>Потери при транспортировке, т/год</i>
A295	Масса боя с учётом потерь при предварительной подготовке (дроблении и помоле) боя, т/год
A296	<i>Потери боя и брака изделий при предварительной подготовке, т/год</i>
A297	Масса политого боя с учётом потерь на складе сырья, т/год
A298	<i>Потери на складе сырья, т/год</i>

1	2
A299	<b>Масса смеси сырьевых материалов, загружаемая в шаровую мельницу с учётом влажности смеси, т/год</b>
A300	<b>Масса воды, которую нужно добавить на помол отощающих материалов, чтобы обеспечить влажность суспензии отощающих материалов, т/год</b>
B174	$=B167*100/(100-B56)$
B175	$=B174-B167$
B176	$=B174*100/(100-B57)$
B177	$=B176-B174$
B178	$=B176*100/(100-B61)$
B179	$=B178-B176$
B180	$=B178*100/(100-B57)$
B181	$=B180-B178$
B182	$=B180*100/(100-B59)$
B183	$=B182-B180$
B184	$=(B182*(100-B35))/(100-B120)$
B185	$=B184-B182$
B186	$=B184*100/(100-B61)$
B187	$=B186-B184$
B188	$=B186*100/(100-B60)$
B189	$=B188-B186$
B192	$=(B166+B168)*(100-B35)/(100-B120)$
B193	$=B192-(B166+B168)$
B194	$=B162*(100-B36)/(100-B120)$
B195	$=B194-B162$
B196	$=B158*(100-B51)/(100-B120)$
B197	$=B196-B158$
B198	$=B192+B194+B196$
B199	$=B193+B195+B197$
B200	$=B188-B198$
B201	$=B200*(100-B120)/100$
B202	$=B184-B201$
B205	$=B201*B5/100$
B206	$=B205*100/(100-B17)$
B207	$=B206*(100-B17)/(100-B31)$
B208	$=B206$
B209	$=B207-B206$
B210	$=B208*100/(100-B62)$
B211	$=B210-B208$

1	2
B212	=B210*100/(100-B63)
B213	=B212-B210
B214	=B212*100/(100-B68)
B215	=B214-B212
B218	=B200-B207
B219	=B218*100/(100-B63)
B220	=B219-B218
B221	=B219*100/(100-B66)
B222	=B221-B219
B223	=B221*100/(100-B61)
B224	=B223-B221
B225	=B223*(100-B32)/100
B226	=B223-B225
B228	=(B225*B6/100)*100/(100-B5)
B229	=B228*100/(100-B18)
B230	=B229-B228
B231	=B229*100/(100-B62)
B232	=B231-B229
B233	=B231*100/(100-B63)
B234	=B233-B231
B235	=B233*100/(100-B68)
B236	=B235-B233
B238	=(B225*B7/100)*100/(100-B5)
B239	=B238*100/(100-B19)
B240	=B239-B238
B241	=B239*100/(100-B62)
B242	=B241-B239
B243	=B241*100/(100-B63)
B244	=B243-B241
B245	=B243*100/(100-B68)
B246	=B245-B243
B248	=(B225*B9/100)*100/(100-B5)
B249	=B248*100/(100-B21)
B250	=B249-B248
B251	=B249*100/(100-B62)
B252	=B251-B249
B253	=B251*100/(100-B63)
B254	=B253-B251
B255	=B253*100/(100-B68)

1	2
B256	=B255-B253
B258	=(B225*B8/100)*100/(100-B5)
B259	=B258*100/(100-B20)
B260	=B259-B258
B261	=B259*100/(100-B62)
B262	=B261-B259
B263	=B261*100/(100-B63)
B264	=B263-B261
B265	=B263*100/(100-B68)
B266	=B265-B263
B268	=(B225*B10/100)*100/(100-B5)
B269	=B268*100/(100-B22)
B270	=B269-B268
B271	=B269*100/(100-B62)
B272	=B271-B269
B273	=B271*100/(100-B63)
B274	=B273-B271
B275	=B273*100/(100-B68)
B276	=B275-B273
B278	=(B225*B11/100)*100/(100-B5)
B279	=B278*100/(100-B23)
B280	=B279-B278
B281	=B279*100/(100-B62)
B282	=B281-B279
B283	=B281*100/(100-B63)
B284	=B283-B281
B285	=B283*100/(100-B68)
B286	=B285-B283
B288	=(B225*B12/100)*100/(100-B5)
B289	=B288*100/(100-B24)
B290	=B289-B288
B291	=B289*100/(100-B62)
B292	=B291-B289
B293	=B291*100/(100-B63)
B294	=B293-B291
B295	=B293*100/(100-B66)
B296	=B295-B293
B297	=B295*100/(100-B68)
B298	=B297-B295

1	2
B299	=B225*100/(100-B113)
B300	=B223-B299
K1	Таблица 5
D2	<b>Материальный баланс цеха декорирования, декорированного обжига и сортировки</b>
D3	Приход
H3	Расход
D4	Статьи
F4	т/год
G4	%
H4	Статьи
J4	т/год
K4	%
D5	Белье (нераскрашенное)
F5	=B132
G5	=F5*100/F11
H5	Готовые изделия
J5	=B127
K5	=J5*100/J11
D11	Сумма
F11	=СУММ(F5)
G11	=СУММ(G5)
H6	Бой и брак при сортировке и упаковке
J6	=B129
K6	=J6*100/J11
H8	Брак декорированного обжига
J8	=B131
K8	=J8*100/J11
H10	Брак при декорировании
J10	=B133
K10	=J10*100/J11
H13	Невязка
I13	=ABS(F11-J11)/F11
H11	Сумма
J11	=СУММ(J5:J10)
K11	=СУММ(K5:K11)
K14	Таблица 6

1	2
D15	<b>Материальный баланс цеха глазурования, политого обжига, сортировки и маркировки</b>
D16	Приход
H16	Расход
D17	Статьи
F17	т/год
G17	%
H17	Статьи
J17	т/год
K17	%
D18	Полуфабрикат после уфельного обжига
F18	=B149
G18	=F18*100/F30
H18	Белье (нераскрашенные изделия)
J18	=B132
K18	=J18*100/J30
D20	Глазурная суспензия
F20	=B147
G20	=F20*100/F30
H20	Бой при сортировке, маркировке
J20	=B136
K20	=J20*100/J30
D30	Сумма
F30	=СУММ(F18:F20)
G30	=СУММ(G18:G20)
H22	Брак политого обжига
J22	=B138
K22	=J22*100/J30
H23	Потери при прокаливании
J23	=B140
K23	=J23*100/J30
H24	Вода, испарённая при политом обжиге
J24	=B142
K24	=J24*100/J30
H26	Вода, испарённая при подсушке в цехе
J26	=B144
K26	=J26*100/J30
H28	Потери глазурной суспензии
J28	=B148



## Продолжение таблицы П. 21

1	2
K28	=J28*100/J30
H32	Невязка
I32	=ABS(F30-J30)/F30
H30	Сумма
J30	=СУММ(J18:J29)
K30	=СУММ(K18:K29)
K32	Таблица 7
D33	<b>Материальный баланс цеха формования, сушки, уфельного обжига</b>
D34	Приход
H34	Расход
D35	Статьи
F35	т/год
G35	%
H35	Статьи
J35	т/год
K35	%
D36	Формовочная масса
F36	=B167
G36	=F36*100/F48
H36	Полуфабрикат после уфельного обжига
J36	=B149
K36	=J36*100/J48
D48	Сумма
F48	=СУММ(F36)
G48	=СУММ(G36)
H38	Брак уфельного обжига
J38	=B152
K38	=J38*100/J48
H39	Брак сушки
J39	=B158
K39	=J39*100/J48
H40	Брак подвялки
J40	=B162
K40	=J40*100/J48
H41	Брак формования
J41	=B166
K41	=J41*100/J48
H42	Потери при прокаливании при уфельном обжиге

Продолжение таблицы П. 21

1	2
J42	=B156
K42	=J42*100/J48
H44	Вода, удалённая при сушке
J44	=B160
K44	=J44*100/J48
H45	Вода, удалённая при подвялке
J45	=B164
K45	=J45*100/J48
H46	Отходы при формовании
J46	=B168
K46	=J46*100/J48
H49	Отходы при формовании
J49	=B171
K49	=J49*100/J51
H47	Потери при прокаливании при утельном обжиге
J47	=B154
K47	=J47*100/J48
H48	Сумма
J48	=СУММ(J36:J47)
K48	=СУММ(K37:K50)
H50	Невязка:
I50	=ABS(F48-J48)/F48
K52	Таблица 8
D53	<b>Материальный баланс массозаготовительного цеха</b>
D54	Приход
H54	Расход
D55	Статьи
F55	т/год
G55	%
H55	Статьи
J55	т/год
K55	%
D56	Каолин Просяновский
D57	Глина Веселовская
D58	Глина Трошковская
D59	Кварцевый песок Раменский
D60	Пегматит Енский
D61	Глинозем технический
D62	Череп утельный

1	2
D63	Череп политой
D64	Вода на мокрый помол
D65	Вода на роспуск каолина
D67	Вода на роспуск брака
D69	Возвратный брак
D123	Сумма
F56	=B214
F57	=B235
F58	=B245
F59	=B265
F60	=B255
F61	=B275
F62	=B285
F63	=B297
F64	=B300
F65	=B209
F67	=B199
F69	=B168+B166+B162+B158
F123	=СУММ(F56:F71)
G56	=F56*100/F123
G57	=F57*100/F123
G58	=F58*100/F123
G59	=F59*100/F123
G60	=F60*100/F123
G61	=F61*100/F123
G62	=F62*100/F123
G63	=F63*100/F123
G64	=F64*100/F123
G65	=F65*100/F123
G67	=F67*100/F123
G69	=F69*100/F123
G123	=СУММ(G56:G69)
H74	Потери суспензии при ситовом и магнитном обогащении
H76	Потери суспензии при хранении
H77	Потери воды при фильтр-прессовании
H78	<b>2. Каолина Просяновского:</b>
H79	Потери при дозировке
H80	Потери при транспортировке
H81	Потери на складе сырья

1	2
H82	<b>3. Глины Веселовской:</b>
H83	Потери при дозировке
H84	Потери при транспортировке
H86	Потери на складе сырья
H87	<b>4. Глины Трошковской:</b>
H88	Потери при дозировке
H89	Потери при транспортировке
H91	Потери на складе сырья
H92	<b>5. Кварцевого песка Раменского:</b>
H93	Потери при дозировке
H94	Потери при транспортировке
H96	Потери на складе сырья
H97	<b>6. Пегматита Енского:</b>
H98	Потери при дозировке
H99	Потери при транспортировке
H100	Потери на складе сырья
H101	<b>7. Глинозем технический:</b>
H102	Потери при дозировке
H103	Потери при транспортировке
H104	Потери на складе сырья
H105	<b>8. Бой утельный:</b>
H106	Потери при дозировке
H107	Потери при транспортировке
H108	Потери на складе сырья
H109	<b>9. Бой политой:</b>
H110	Потери при дозировке
H111	Потери при транспортировке
H112	Потери при предварительной подготовке
H114	Потери на складе сырья
H115	<b>Суспензия отощающих</b>
H116	Потери суспензии при транспортировке
H118	Потери суспензии при помоле
H120	Потери суспензии при хранении
H125	<b>Невязка:</b>
H123	Сумма
J56	=B167
J57	=B175
J59	=B177
J62	=B179

Продолжение таблицы П. 21

1	2
J64	=B181
J67	=B183
J74	=B189
J76	=B187
J77	=B185
J79	=B211
J80	=B213
J81	=B215
J83	=B232
J84	=B234
J86	=B236
J88	=B242
J89	=B244
J91	=B246
J93	=B262
J94	=B264
J96	=B266
J98	=B252
J99	=B254
J100	=B256
J102	=B272
J103	=B274
J104	=B276
J106	=B282
J107	=B284
J108	=B286
J110	=B292
J111	=B294
J112	=B296
J114	=B298
J116	=B220
J118	=B222
J120	=B224
I125	=ABS(F126-J126)/F126
J123	=СУММ(J59:J124)
K56	=J56*100/J123
K57	=J57*100/J123
K59	=J59*100/F123
K62	=J62*100/F123

Продолжение таблицы П. 21

1	2
K64	=J64*100/F123
K67	=J67*100/F123
K74	=J74*100/F123
K76	=J76*100/F123
K77	=J77*100/F123
K79	=J79*100/F123
K80	=J80*100/F123
K81	=J81*100/F123
K83	=J83*100/F123
K84	=J84*100/F123
K86	=J86*100/F123
K88	=J88*100/F123
K89	=J89*100/F123
K91	=J91*100/F123
K93	=J93*100/F123
K94	=J94*100/F123
K96	=J96*100/F123
K98	=J98*100/F123
K99	=J99*100/F123
K100	=J100*100/F123
K102	=J102*100/F123
K103	=J103*100/F123
K104	=J104*100/F123
K106	=J106*100/F123
K107	=J107*100/F123
K108	=J108*100/F123
K110	=J110*100/F123
K111	=J111*100/F123
K112	=J112*100/F123
K114	=J114*100/F123
K116	=J116*100/F123
K118	=J118*100/F123
K120	=J120*100/F123
K123	=СУММ(K56:K123)
K128	Таблица 9
D129	Сводный материальный баланс производства
D130	Приход
H130	Расход
D131	Статьи

Продолжение таблицы П. 21

1	2
F131	т/год
G131	%
H131	Статьи
J131	т/год
K131	%
D132	Каолин Просяновский
D133	Глина Веселовская
D134	Глина Трошковская
D135	Кварцевый песок Раменский
D136	Пегматит Енский
D137	Глинозем технический
D138	Череп утельный
D139	Череп политой
D140	Вода на мокрый помол
D141	Вода на роспуск каолина
D143	Вода на роспуск брака
D144	Глазурная суспензия
D145	Возвратный брак
D220	Сумма:
F132	=B214
F133	=B235
F134	=B245
F135	=B265
F136	=B255
F137	=B275
F138	=B285
F139	=B297
F140	=B300
F141	=B209
F143	=B199
F144	=B147
F145	=B168+B166+B162+B158
F220	=СУММ(F135:F148)
G132	=F135*100/F220
G133	=F136*100/F220
G134	=F137*100/F220
G135	=F138*100/F220
G136	=F139*100/F220
G137	=F140*100/F220

1	2
G138	=F141*100/F220
G139	=F142*100/F220
G140	=F143*100/F220
G141	=F144*100/F220
G143	=F146*100/F220
G144	=F147*100/F220
G145	=F148*100/F223
G220	=СУММ(G132:G145)
H131	Статья
H132	Готовые изделия
H133	Потери при прокаливании
H134	Потери при прокаливании
H135	<b>Удаляемая влага:</b>
H136	Вода, испарённая при политом обжиге
H137	Вода, испарённая при подсушке в цехе
H138	Вода, удалённая при утельном обжиге
H140	Вода, удалённая при сушке
H141	Вода, удалённая при подвялке
H143	Потери глазурной суспензии
H144	<b>Технологические потери:</b>
H145	<b>1. Готовой суспензии</b>
H146	Потери суспензии при ситовом и магнитном обогащении
H148	Потери суспензии при хранении
H149	Потери воды при фильтр-прессовании
H150	<b>2. Каолина Просяновского:</b>
H151	Потери при дозировке
H152	Потери при транспортировке
H153	Потери на складе сырья
H154	<b>3. Глины Веселовской:</b>
H155	Потери при дозировке
H156	Потери при транспортировке
H158	Потери на складе сырья
H159	<b>4. Глины Трошковской:</b>
H160	Потери при дозировке
H161	Потери при транспортировке
H163	Потери на складе сырья
H164	<b>5. Кварцевого песка Раменского:</b>
H165	Потери при дозировке
H166	Потери при транспортировке



1	2
H168	Потери на складе сырья
H169	<b>6.Пегматита Енского:</b>
H170	Потери при дозировке
H171	Потери при транспортировке
H172	Потери на складе сырья
H173	<b>7. Глинозема технического:</b>
H174	Потери при дозировке
H175	Потери при транспортировке
H176	Потери на складе сырья
H177	<b>8.Боя утельного:</b>
H178	Потери при дозировке
H179	Потери при транспортировке
H180	Потери на складе сырья
H181	<b>9. Боя политого:</b>
H182	Потери при дозировке
H183	Потери при транспортировке
H184	Потери при предварительной подготовке
H186	Потери на складе сырья
H187	<b>10. Суспензии отощающих:</b>
H188	Потери суспензии при транспортировке
H190	Потери суспензии при помоле
H192	Потери суспензии при хранении
H193	<b>11. Готовой массы:</b>
H194	Потери массы при транспортировке
H196	Потери массы при втором промине, гомогенизации
H198	Потери массы при вылёживании
H200	Потери массы при первом промине, гомогенизации
H203	Потери массы при фильтр-прессовании
H205	<b>12. Боя и брака:</b>
H206	Бой и брак при сортировке и упаковке
H207	Брак декорированного обжига
H209	Брак при декорировании
H211	Бой при сортировке, маркировке
H213	Брак политого обжига
H214	Брак утельного обжига
H215	Брак сушки
H216	Брак подвялки
H217	Брак формования
H218	Отходы при формовании

Продолжение таблицы П. 21

1	2
H222	Невязка:
H220	Сумма:
J132	=B127
J133	=B140
J134	= B154
J136	=B142
J137	=B144
J138	=B156
J140	=B160
J141	=B164
J143	=B148
J146	=B189
J148	=B187
J149	=B185
J151	=B211
J152	=B213
J153	=B215
J155	=B232
J156	=B234
J158	=B236
J160	= B242
J161	= B244
J163	= B246
J165	=B262
J166	=B264
J168	=B266
J170	=B252
J171	=B254
J172	=B256
J174	=B272
J175	=B274
J176	=B276
J178	=B282
J179	=B284
J180	=B286
J183	=B294
J184	=B296
J186	=B298
J188	=B220

Продолжение таблицы П. 21

1	2
J190	=B222
J192	=B224
J194	=B175
J196	=B177
J198	=B179
J200	=B181
J203	=B183
J206	=B129
J207	=B131
J209	=B133
J211	=B136
J213	=B138
J214	=B152
J215	=B158
J216	=B162
J217	=B166
J218	=B168
I222	=ABS(F223-J223)/F223
J220	=СУММ(J130:J219)
K132	=J132*100/J220
K133	=J133*100/J220
K134	=J134*100/J220
K136	=J136*100/J220
K137	=J137*100/J220
K138	=J138*100/J220
K140	=J140*100/J220
K141	=J141*100/J220
K143	=J143*100/J220
K146	=J146*100/J220
K148	=J148*100/J220
K149	=J149*100/J220
K151	=J151*100/J220
K152	=J152*100/J220
K153	=J153*100/J220
K155	=J155*100/J220
K158	=J158*100/J220
K160	=J160*100/J220
K161	=J161*100/J220
K163	=J163*100/J220

1	2
K165	=J165*100/J220
K166	=J166*100/J220
K168	=J168*100/J220
K170	=J170*100/J220
K171	=J171*100/J220
K172	=J172*100/J220
K174	=J174*100/J220
K175	=J175*100/J220
K176	=J176*100/J220
K178	=J178*100/J220
K179	=J179*100/J220
K180	=J180*100/J220
K183	=J183*100/J220
K184	=J184*100/J220
K186	=J186*100/J220
K188	=J188*100/J220
K190	=J190*100/J220
K192	=J192*100/J220
K194	=J194*100/J220
K196	=J196*100/J220
K198	=J198*100/J220
K200	=J200*100/J220
K203	=J203*100/J220
K206	=J206*100/J220
K207	=J207*100/J220
K209	=J209*100/J220
K211	=J211*100/J220
K213	=J213*100/J220
K214	=J214*100/J220
K215	=J215*100/J220
K216	=J216*100/J220
K217	=J217*100/J220
K218	=J218*100/J220
K220	=СУММ(K132:K219)

Описание программы расчета материального баланса производства изделий из хозяйственного фарфора методом шликерного литья

Адрес ячейки	Содержимое ячейки
1	2
B1	Таблица 1
A2	Исходные данные
A3	Плановая производительность по изделиям, млн шт./год
A4	Шихтовой состав массы, мас. %:
A5	Каолин Просяновский
A6	Глина Веселовская
A7	Глина Трошковская
A8	Кварцевый песок Раменский
A9	Пегматит Енский
A10	Глинозем технический
A11	Череп утельный
A12	Череп политой
A13	ППП массы общие
A14	ППП массы при утельном обжиге
A15	ППП массы при политом обжиге
A16	Влажность сырьевых компонентов, %
A17	Каолин Просяновский
A18	Глина Веселовская
A19	Глина Трошковская
A20	Кварцевый песок Раменский
A21	Пегматит Енский
A22	Глинозем технический
A23	Череп утельный
A24	Череп политой
A25	Параметры глазури, мас. %
A26	Влажность глазурной суспензии, %
A27	Массовое содержание глазури на черепке в процессе глазурования, %
A28	ППП глазури
A20	Влажность промежуточных полуфабрикатов, %
A31	Влажность суспензии при распускании каолина
A32	Влажность суспензии при помоле в шаровой мельнице
A33	Влажность массы на фильтре-прессе
A34	Влажность литейного шликера

1	2
A35	Влажность полуфабриката после литья
A36	Влажность полуфабриката после подвялки
A37	Влажность полуфабриката после сушки
A38	Влажность полуфабриката перед политым обжигом
A39	Характеристики готовой продукции
A40	Масса условно готового изделия, кг
A41	Нормы технологических потерь и брака, %
A42	Бой изделий
A43	На сортировке и упаковке
A44	При декорированном обжиге
A45	При декорировании
A46	При сортировке
A47	При политом обжиге
A48	При садке на вагонетки
A49	При глазуровании
A50	При утельном обжиге
A51	При сушке
A52	При подвялке
A53	При оправке, отделке
A54	При литье
A55	Потери:
A56	При транспортировке шликера
A57	При гомогенизации формовочной массы
A58	Приготовление глазури
A59	При роспуске коржей
A60	При ситовом и магнитном обогащении
A61	При хранении
A62	При дозировке сырьевых материалов
A63	При транспортировке
A64	Шликер рекуперации
A65	Зачистка и оправка полуфабрикатов
A66	Потери при предварительной подготовке (дроблении и помоле)
A67	Потери глазури при глазуровании
A68	Потери на складе сырья
B3	20
B5	28,7
B6	10
B7	4

## Продолжение таблицы П. 22

1	2
B8	25,1
B9	21,2
B10	2
B11	2
B12	7
B13	5,28
B14	3,96
B15	1,32
B17	12
B18	15
B19	10
B20	2
B21	0,8
B22	0,5
B23	4
B24	2
B26	45
B27	10
B28	6,52
B31	60
B32	50
B33	25
B34	32
B35	24
B36	16
B37	2
B38	2
B40	0,10
B43	0,20
B44	1
B45	0,10
B46	1
B47	10
B48	0,10
B49	0,50
B50	7
B51	3
B52	3
B53	5

Продолжение таблицы П. 22

1	2
B54	5
B56 B57	0,10
B58	2
B59	0,20
B60	0,02
B61	0,10
B62	0,10
B63	0,10
B64	50
B65	1,60
B66	0,10
B67	5
B68	0,10
B72	Таблица 2
B74	Вспомогательные расчеты
A75 A76	Расчет суммарного значения потерь при прокаливании черепа и глазури при политом обжиге
A77	Масса абсолютно сухой глазури на изделии
A78	Масса слоя глазури перед политым обжигом с учётом потерь при прокаливании глазури, кг
A79	Масса изделия без глазури после обжига, кг
A80	Масса собственно изделия до обжига с учётом потерь при прокаливании массы, кг
A81	Масса абсолютно сухого изделия до обжига (с глазурью), кг
A82	<b>Суммарные потери при прокаливании полуфабриката, %</b>
A83	Расчет влажности полуфабриката после глазурирования
A84	Масса глазурной суспензии
A85	Масса воды, аккумулированной полуфабрикатом
A86	Масса полуфабриката после глазурирования
A87	Влажность полуфабриката после глазурирования
A88	Масса полуфабриката непосредственно перед политым обжигом
A89	Процентное содержание глазурной суспензии на одном изделии
A90	Масса воды, испаренная в цехе, при хранении полуфабриката возле печи политого обжига
A91	Расчет влажности сырьевой смеси, поступающей на помол в шаровую мельницу
A92	Содержание в шаровой мельнице глины Веселовской



1	2
A93	Масса глины Веселовской, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности
A94	Масса воды, внесенная на помол глиной Веселовской
A95	Содержание в шаровой мельнице глины Трошковской
A96	Масса глины Трошковской, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности
A97	Масса воды, внесенная на помол глиной Трошковской
A98	Содержание в шаровой мельнице пегматита
A99	Масса пегматита, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности
A100	Масса воды, внесенная на помол пегматитом
A101	Содержание в шаровой мельнице кварцевого песка
A102	Масса глины Веселовской, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности
A103	Масса воды, внесенная на помол кварцевым песком
A104	Содержание в шаровой мельнице глинозема
A105	Масса глинозема, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности
A106	Масса воды, внесенная на помол глиноземом
A107	Содержание в шаровой мельнице утельного черепа
A108	Масса утельного черепа, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности
A109	Масса воды, внесенная на помол утельного черепа
A110	Содержание в шаровой мельнице политого черепа
A111	Масса политого черепа, поступающая в шаровую мельницу, с учетом влажности
A112	Масса воды, внесенная на помол политого черепа
A113	<b>Влажность смеси сырьевых материалов, поступающих на помол в шаровую мельницу</b>
A114	Расчет влажности суспензии, получаемой на стадии смешения
A115	Масса суспензии каолина Просяновского, с учетом влажности
A116	Масса воды в суспензии каолина Просяновского
A117	Масса суспензии отощающих материалов
A118	Масса воды в суспензии отощающих
A119	Масса суспензии, получаемая при смешении суспензии каолина и суспензии отощающих
A120	Влажность суспензии в смесительном бассейне
B77	$=B40*B27/100$
B78	$=B77*100/(100-B28)$

Продолжение таблицы П. 22

1	2
B79	=B40-B77
B80	=B79*100/(100-B15)
B81	=B80+B78
B82	=(B81-B40)*100/B81
B84	=B78*100/(100-B26)
B85	=B84-B78
B86	=B81+B85
B87	=B85*100/B86
B88	=B86*(100-B87)/(100-B38)
B89	=B84*100/B86
B90	=B86-B88
B92	=B6*100/(100-B5)
B93	=B92*100/(100-B18)
B95	=B93-B92
B94	=B7*100/(100-B5)
B96	=B95*100/(100-B19)
B97	=B96-B95
B98	=B9*100/(100-B5)
B99	=B98*100/(100-B21)
B100	=B99-B98
B101	=B8*100/(100-B5)
B102	=B101*100/(100-B20)
B103	=B102-B101
B104	=B10*100/(100-B5)
B105	=B104*100/(100-B22)
B106	=B105-B104
B107	=B11*100/(100-B5)
B108	=B107*100/(100-B23)
B109	=B108-B107
B110	=B12*100/(100-B5)
B111	=B110*100/(100-B24)
B112	=B111-B110
B113	=(B94+B97+B100+B103+B106+B109+B112)*100/(B93+B96+B99 +B102+B105+B108+B111)
B115	=B5*100/(100-B31)
B116	=B115-B5
B118	=(B6+B7+B8+B9+B10+B11+B12)*100/(100-B32)
B119	=B117-(B6+B7+B8+B9+B10+B11+B12)
B120	=B117+B115

## Продолжение таблицы П. 22

1	2
B121	$=(B116+B118)*100/B119$
A124	Таблица 3
A125	Расчет материального баланса
A126	Цех декорирования, декорированного обжига и сортировки
A127	Производительность завода по массе готовых изделий, т/год
A128	Масса изделий, поступающая на сортировку, упаковку с учётом боя на складе, т/год
A129	Бой и брак при сортировке, т/год
A130	Масса изделий, поступающая на декорированный обжиг, с учетом брака при обжиге, т/год
A131	Бой и брак при декорированном обжиге, т/год
A132	Масса изделий, поступающая на декорирование, с учетом брака, т/год
A133	Бой и брак при декорировании, т/год
A134	Цех глазурования, политого обжига, сортировки и маркировки
A135	Масса изделий, поступающая на сортировку с учетом брака, выявленного при сортировке, т/год
A136	Бой и брак при сортировке, т/год
A137	Масса изделий после политого обжига с учётом брака политого обжига, т/год
A138	Бой и брак при политом обжиге, т/год
A139	Масса изделий после политого обжига, с учетом ППП полуфабриката, т/год
A140	Потери при прокаливании массы и глазури, т/год
A141	Масса изделий, поступающая на политый обжиг, с учетом влажности, т/год
A142	Масса влаги, испаренная при политом обжиге полуфабрикатов, т/год
A143	Масса полуфабриката, поступающая на обжиговых вагонетках на запасной путь с влажностью после глазурования, т/год
A144	Масса воды, испаренная при подсушке в цехе, т/год
A145	Расчет расхода глазурной суспензии
A146	Масса глазурной суспензии с влажностью 45%, необходимой для покрытия полуфабриката глазурью, т/год
A147	Масса глазурной суспензии с учётом потерь при глазуровании, т/год
A148	Потери глазурной суспензии, т/год
A149	Масса полуфабриката после утельного обжига, т/год
A150	Цех формования, сушки, утельного обжига

1	2
A151	Масса полуфабриката, поступающая на уфельный обжиг, с учётом брака уфельного обжига, т/год
A152	Брак уфельного обжига, т/год
A153	Масса полуфабриката, поступающая на уфельный обжиг, с потерями при прокаливании при уфельном обжиге, т/год
A154	Потери при прокаливании при уфельном обжиге, т/год
A155	Масса полуфабриката, поступающая на уфельный обжиг, с учётом влажности после сушки, т/год
A156	Масса воды, удалённой при уфельном обжиге, т/год
A157	Масса полуфабриката после сушки с учётом брака сушки, т/год
A158	Брак при сушке(возвратный), т/год
A159	Масса полуфабриката, поступающая на сушку, с учётом влажности после подвялки и влажности после сушки, т/год
A160	Масса воды, удалённая при сушке, т/год
A161	Масса полуфабриката после подвялки с учётом брака подвялки, т/год
A162	Брак при подвялке (возвратный), т/год
A163	Масса полуфабриката, поступающая на подвялку, с учётом влажности после подвялки и влажности свежесформованного полуфабриката, т/год
A164	Масса воды, удалённая при подвялке, т/год
A165	Масса сформованного полуфабриката с учётом брака формирования, т/год
A166	Масса брака формирования (возвратные отходы), т/год
A167	Масса сформованного полуфабриката с учётом отходов при формировании, т/год
A168	Отходы при формировании (возвратные), т/год
B127	$=B3*1000000*B40/1000$
B128	$=B127*100/(100-B43)$
B129	$=B128-B127$
B130	$=B128*100/(100-B44)$
B131	$=B130-B128$
B132	$=B130*100/(100-B45)$
B133	$=B132-B130$
B135	$=B132*100/(100-B46)$
B136	$=B135-B132$
B137	$=B135*100/(100-B47)$
B138	$=B137-B135$
B139	$=B137*100/(100-B82)$

1	2
B140	=B139-B137
B141	=B139*100/(100-B38)
B142	=B141-B139
B143	=B141*(100-B38)/(100-B87)
B144	=B143-B141
B146	=B143*B89/100
B147	=B146*100/(100-B67)
B148	=B147-B146
B149	=B143-B146
B151	=B149*100/(100-B50)
B152	=B151-B149
B153	=B151*100/(100-B14)
B154	=B153-B151
B155	=B153*100/(100-B37)
B156	=B155-B153
B157	=B155*100/(100-B51)
B158	=B157-B155
B159	=B157*(100-B37)/(100-B36)
B160	=B159-B157
B161	=B159*100/(100-B52)
B162	=B161-B159
B163	=B161*(100-B36)/(100-B35)
B164	=B163-B161
B165	=B163*100/(100-B54)
B166	=B165-B163
B167	=B165*100/(100-B64)
B168	=B167-B165
A171	Таблица 4
A172	<b>Массозаготовительный цех</b>
A173	<b>Приготовление формовочной массы</b>
A175	Масса шликера с учетом потерь при хранении, т/год
A176	<i>Потери шликера при хранении, т/год</i>
A177	Масса шликера с учетом потерь при ситовом и магнитном обогащении, т/год
A178	<i>Потери шликера при ситовом и магнитном обогащении, т/год</i>
A179	Количество шликера с учётом потерь при роспуске коржей, т/год
A180	<i>Потери шликера при роспуске коржей, т/год</i>
A181	Масса коржей, поступающих на роспуск, т/год

1	2
A182	<i>Масса воды, подаваемая на роспуск коржей, т/год</i>
A183	Масса суспензии, подаваемая на фильтр-прессование с учётом влажностей коржей и влажности суспензии, т/год
A184	<i>Потери воды при фильтр-прессовании</i>
A185	Масса суспензии, подаваемая на хранение в бассейн чистой суспензии, с учётом потерь при перекачке, т/год
A186	<i>Потери суспензии при транспортировке, т/год</i>
A187	Масса суспензии с учётом потерь при ситовом и магнитном обогащении, т/год
A188	<i>Потери суспензии при ситовом и магнитном обогащении, т/год</i>
A189	<i>Расчет вклада возвратных отходов (формования, подвялки, сушки) в суспензию сырьевых материалов, подаваемую на фильтр-прессование</i>
A190 A191	Масса суспензии из брака формования и отходов при формовании с учетом их влажности и влажности суспензии, т/год
A192	Масса воды, необходимая для получения суспензии из отходов и брака формования, т/год
A193	Масса суспензии из брака при подвялке с учетом влажности брака, т/год
A194	Масса воды, необходимая для получения суспензии из брака при подвялке, т/год
A195	Масса суспензии из брака при сушке с учетом влажности суспензии и влажности брака, т/год
A196	Масса воды, необходимая для получения суспензии из брака при сушке, т/год
A197	Масса суспензии из отходов, т/год
A198	Масса воды, необходимая для получения суспензии из отходов и брака формования, подвялки, сушки, т/год
A199	<b>Масса суспензии с учетом возвратных отходов, т/год</b>
A200	<b>Масса абсолютно сухих компонентов в суспензии, т/год</b>
A201	Масса воды в суспензии, т/год
A202	<b>Расчет суспензии каолина. Расчёт по каолину Просяновскому</b>
A203 A204	Масса абсолютно сухого каолина в суспензии с учётом его содержания в шихте, т/год
A205	Масса каолина с влажностью
A206 A207	<b>Масса Каолиновой суспензии, т/год</b>
A208	Масса каолина, поступающая на роспуск, т/год

1	2
A209	<i>Масса воды для роспуска каолина, т/год</i>
A210	Масса каолина с учётом потерь при дозировке, т/год
A211	<i>Потери при дозировке, т/год</i>
A212	Масса каолина с учётом потерь при транспортировке, т/год
A213	<i>Потери при транспортировке, т/год</i>
A214	Масса каолина с учётом потерь на складе сырья, т/год
A215	<i>Потери на складе сырья, т/год</i>
A217	<b>Расчёт суспензии отощающих материалов, получаемой помолем в шаровой мельнице</b>
A218	Масса суспензии отощающих, т/год
A219	Масса суспензии с учётом потерь при транспортировке, т/год
A220	<i>Потери суспензии при транспортировке т/год</i>
A221	Масса суспензии с учётом потерь при помоле, т/год
A222	<i>Потери суспензии при помоле, т/год</i>
A223	Масса суспензии с учётом потерь при хранении в бассейне, т/год
A224	<i>Потери суспензии при хранении в бассейне, т/год</i>
A225	Масса абсолютно сухого вещества в суспензии с учётом влажности суспензии, т/год
A226	Масса воды, содержащаяся в суспензии, т/год
A227	<b>Расчет по глине Веселовской</b>
A228	Масса абсолютно сухой глины в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год
A229	Масса глины с влажностью, т/год
A230	Масса воды в глине
A231	Масса глины с учётом потерь при дозировке, т/год
A232	<i>Потери при дозировке, т/год</i>
A233	Масса глины с учётом потерь при транспортировке, т/год
A234	<i>Потери при транспортировке, т/год</i>
A235	Масса глины с учётом потерь на складе сырья, т/год
A236	<i>Потери на складе сырья, т/год</i>
A237	<b>Расчет по глине Трошковской</b>
A238	Масса абсолютно сухой глины в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год
A239	Масса глины с влажностью, т/год
A240	Масса воды в глине
A241	Масса глины с учётом потерь при дозировке, т/год
A242	<i>Потери при дозировке, т/год</i>
A243	Масса глины с учётом потерь при транспортировке, т/год

1	2
A244	<i>Потери при транспортировке, т/год</i>
A245	Масса глины с учётом потерь на складе сырья, т/год
A246	<i>Потери на складе сырья, т/год</i>
A247	<b>Расчет по пегматиту Енскому</b>
A248	Масса абсолютно сухого пегматита в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год
A249	Масса пегматита с влажностью, т/год
A250	Масса воды в пегматите
A251	Масса пегматита с учётом потерь при дозировке, т/год
A252	<i>Потери при дозировке, т/год</i>
A253	Масса пегматита с учётом потерь при транспортировке, т/год
A254	<i>Потери при транспортировке, т/год</i>
A255	Масса пегматита с учётом потерь на складе сырья, т/год
A256	<i>Потери на складе сырья, т/год</i>
A257	<b>Расчёт по кварцевому песку Раменскому</b>
A258	Масса абсолютно сухого кварцевого песка в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год
A259	Масса кварцевого песка с влажностью, т/год
A260	Масса воды в кварцевом песке
A261	Масса кварцевого песка с учётом потерь при дозировке, т/год
A262	<i>Потери при дозировке, т/год</i>
A263	Масса кварцевого песка с учётом потерь при транспортировке, т/год
A264	<i>Потери при транспортировке, т/год</i>
A265	Масса кварцевого песка с учётом потерь на складе сырья, т/год
A266	<i>Потери на складе сырья, т/год</i>
A267	<b>Расчёт по глинозему техническому</b>
A268	Масса абсолютно сухого глинозема технического в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год
A269	Масса кварцевого песка с влажностью, т/год
A270	Масса воды в глиноземе
A271	Масса глинозема технического с учётом потерь при дозировке, т/год
A272	<i>Потери при дозировке, т/год</i>
A273	Масса глинозема технического с учётом потерь при транспортировке, т/год
A274	<i>Потери при транспортировке, т/год</i>
A275	Масса глинозема технического с учётом потерь на складе сырья, т/год



1	2
A276	<i>Потери на складе сырья, т/год</i>
A277	<b>Расчёт по бою утельному</b>
A278	Масса абсолютно сухого утельного боя в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год
A279	Масса утельного боя с влажностью, т/год
A280	Масса воды в бое, т/год
A281	Масса утельного боя с учётом потерь при дозировке, т/год
A282	<i>Потери при дозировке, т/год</i>
A283	Масса утельного боя с учётом потерь при транспортировке, т/год
A284	<i>Потери при транспортировке, т/год</i>
A285	Масса утельного боя с учётом потерь на складе сырья, т/год
A286	<i>Потери на складе сырья, т/год</i>
A287	<b>Расчёт по бою политому</b>
A288	Масса абсолютно сухого политого боя в суспензии с учётом ее содержания в шихте, т/год
A289	Масса политого боя с влажностью, т/год
A290	Масса воды в бое, т/год
A291	Масса политого боя с учётом потерь при дозировке, т/год
A292	<i>Потери при дозировке, т/год</i>
A293	Масса политого боя с учётом потерь при транспортировке, т/год
A294	<i>Потери при транспортировке, т/год</i>
A295	Масса боя с учётом потерь при предварительной подготовке (дроблении и помоле) боя, т/год
A296	<i>Потери боя и брака изделий при предварительной подготовке, т/год</i>
A297	Масса политого боя с учётом потерь на складе сырья, т/год
A298	<i>Потери на складе сырья, т/год</i>
A299	<b>Масса смеси сырьевых материалов, загружаемая в шаровую мельницу с учётом влажности смеси, т/год</b>
A300	<b>Масса воды, которую нужно добавить на помол отощающих материалов, чтобы обеспечить влажность суспензии отощающих материалов, т/год</b>
B175	$=B167*100/(100-B61)$
B176	$=B175-B167$
B177	$=B175*100/(100-B60)$
B178	
B179	$=B177-B175$

## Продолжение таблицы П. 22

1	2
B180	=B177*100/(100-B59)
B181	=B180-B177
B182	=B180*(100-B34)/(100-B33)
B183	=B180-B182
B184	=B182*(100-B33)/(100-B120)
B185	=B184-B182
B186	=B184*100/(100-B61)
B187	=B186-B184
B188	=B186*100/(100-B60)
B189	=B188-B186
B192	=(B166+B168)*(100-B34)/(100-B120)
B193	=B192-(B166+B168)
B194	=B162*(100-B36)/(100-B120)
B195	=B194-B162
B196	=B158*(100-B51)/(100-B120)
B197	=B196-B158
B198	=B192+B194+B196
B199	=B193+B195+B197
B200	=B188-B198
B201	=B200*(100-B120)/100
B202	=B184-B201
B205	=B201*B5/100
B206	=B205*100/(100-B17)
B207	=B206*(100-B17)/(100-B31)
B208	=B206
B209	=B207-B206
B210	=B208*100/(100-B62)
B211	=B210-B208
B212	=B210*100/(100-B63)
B213	=B212-B210
B214	=B212*100/(100-B68)
B215	=B214-B212
B218	=B200-B207
B219	=B218*100/(100-B63)
B220	=B219-B218
B221	=B219*100/(100-B66)
B222	=B221-B219
B223	=B221*100/(100-B61)
B224	=B223-B221

Продолжение таблицы П. 22

1	2
B225	=B223*(100-B32)/100
B226	=B223-B225
B228	=(B225*B6/100)*100/(100-B5)
B229	=B228*100/(100-B18)
B230	=B229-B228
B231	=B229*100/(100-B62)
B232	=B231-B229
B233	=B231*100/(100-B63)
B234	=B233-B231
B235	=B233*100/(100-B68)
B236	=B235-B233
B238	=(B225*B7/100)*100/(100-B5)
B239	=B238*100/(100-B19)
B240	=B239-B238
B241	=B239*100/(100-B62)
B242	=B241-B239
B243	=B241*100/(100-B63)
B244	=B243-B241
B245	=B243*100/(100-B68)
B246	=B245-B243
B248	=(B225*B9/100)*100/(100-B5)
B249	=B248*100/(100-B21)
B250	=B249-B248
B251	=B249*100/(100-B62)
B252	=B251-B249
B253	=B251*100/(100-B63)
B254	=B253-B251
B255	=B253*100/(100-B68)
B256	=B255-B253
B258	=(B225*B8/100)*100/(100-B5)
B259	=B258*100/(100-B20)
B260	=B259-B258
B261	=B259*100/(100-B62)
B262	=B261-B259
B263	=B261*100/(100-B63)
B264	=B263-B261
B265	=B263*100/(100-B68)
B266	=B265-B263
B268	=(B225*B10/100)*100/(100-B5)

## Продолжение таблицы П. 22

1	2
B269	=B268*100/(100-B22)
B270	=B269-B268
B271	=B269*100/(100-B62)
B272	=B271-B269
B273	=B271*100/(100-B63)
B274	=B273-B271
B275	=B273*100/(100-B68)
B276	=B275-B273
B278	=(B225*B11/100)*100/(100-B5)
B279	=B278*100/(100-B23)
B280	=B279-B278
B281	=B279*100/(100-B62)
B282	=B281-B279
B283	=B281*100/(100-B63)
B284	=B283-B281
B285	=B283*100/(100-B68)
B286	=B285-B283
B288	=(B225*B12/100)*100/(100-B5)
B289	=B288*100/(100-B24)
B290	=B289-B288
B291	=B289*100/(100-B62)
B292	=B291-B289
B293	=B291*100/(100-B63)
B294	=B293-B291
B295	=B293*100/(100-B66)
B296	=B295-B293
B297	=B295*100/(100-B68)
B298	=B297-B295
B299	=B225*100/(100-B113)
B300	=B223-B299
K1	Таблица 5
D2	<b>Материальный баланс цеха декорирования, декорированного обжига и сортировки</b>
D3	Приход
H3	Расход
D4	Статьи
F4	т/год
G4	%
H4	Статьи

Продолжение таблицы П. 22

1	2
J4	т/год
K4	%
D5	Белье (нераскрашенное)
F5	=B132
G5	=F5*100/F11
H5	Готовые изделия
J5	=B127
K5	=J5*100/J11
D11	Сумма
F11	=СУММ(F5)
G11	=СУММ(G5)
H6	Бой и брак при сортировке и упаковке
J6	=B129
K6	=J6*100/J11
H8	Брак декорированного обжига
J8	=B131
K8	=J8*100/J11
H10	Брак при декорировании
J10	=B133
K10	=J10*100/J11
H13	Невязка
I13	=ABS(F11-J11)/F11
H11	Сумма
J11	=СУММ(J5:J10)
K11	=СУММ(K5:K11)
K14	Таблица 6
D15	<b>Материальный баланс цеха глазурования, политого обжига, сортировки и маркировки</b>
D16	Приход
H16	Расход
D17	Статьи
F17	т/год
G17	%
H17	Статьи
J17	т/год
K17	%
D18	Полуфабрикат после уфельного обжига
F18	=B149
G18	=F18*100/F30

Продолжение таблицы П. 22

1	2
H18	Белье (нераскрашенные изделия)
J18	=B132
K18	=J18*100/J30
D20	Глазурная суспензия
F20	=B147
G20	=F20*100/F30
H20	Бой при сортировке, маркировке
J20	=B136
K20	=J20*100/J30
D30	Сумма
F30	=СУММ(F18:F20)
G30	=СУММ(G18:G20)
H22	Брак политого обжига
J22	=B138
K22	=J22*100/J30
H23	Потери при прокаливании
J23	=B140
K23	=J23*100/J30
H24	Вода, испарённая при политом обжиге
J24	=B142
K24	=J24*100/J30
H26	Вода, испарённая при подсушке в цехе
J26	=B144
K26	=J26*100/J30
H28	Потери глазурной суспензии
J28	=B148
K28	=J28*100/J30
H32	Невязка
I32	=ABS(F30-J30)/F30
H30	Сумма
J30	=СУММ(J18:J29)
K30	=СУММ(K18:K29)
K32	Таблица 7
D33	<b>Материальный баланс цеха формования, сушки, уфельного обжига</b>
D34	Приход
H34	Расход
D35	Статьи
F35	т/год

Продолжение таблицы П. 22

1	2
G35	%
H35	Статьи
J35	т/год
K35	%
D36	Литейный шликер
F36	=B167
G36	=F36*100/F48
H36	Полуфабрикат после утельного обжига
J36	=B149
K36	=J36*100/J48
D48	Сумма
F48	=СУММ(F36)
G48	=СУММ(G36)
H38	Брак утельного обжига
J38	=B152
K38	=J38*100/J48
H39	Брак сушки
J39	=B158
K39	=J39*100/J48
H40	Брак подвялки
J40	=B162
K40	=J40*100/J48
H41	Брак формования
J41	=B166
K41	=J41*100/J48
H42	Потери при прокаливании при утельном обжиге
J42	=B156
K42	=J42*100/J48
H44	Вода, удалённая при сушке
J44	=B160
K44	=J44*100/J48
H45	Вода, удалённая при подвялке
J45	=B164
K45	=J45*100/J48
H46	Отходы при формовании
J46	=B168
K46	=J46*100/J48
H49	Отходы при формовании
J49	=B171

Продолжение таблицы П. 22

1	2
K49	=J49*100/J51
H47	Потери при прокаливании при утельном обжиге
J47	=B154
K47	=J47*100/J48
H48	Сумма
J48	=СУММ(J36:J47)
K48	=СУММ(K37:K50)
H50	Невязка:
I50	=ABS(F48-J48)/F48
K52	Таблица 8
D53	<b>Материальный баланс массозаготовительного цеха</b>
D54	Приход
H54	Расход
D55	Статьи
F55	т/год
G55	%
H55	Статьи
J55	т/год
K55	%
D56	Каолин Просяновский
D57	Глина Веселовская
D58	Глина Трошковская
D59	Кварцевый песок Раменский
D60	Пегматит Енский
D61	Глинозем технический
D62	Череп утельный
D63	Череп политой
D64	Вода на мокрый помол
D65	Вода на роспуск каолина
D67	Вода на роспуск брака
D69	Возвратный брак
D70	Вода на роспуск коржей
D71	
D123	Сумма
F56	=B214
F57	=B235
F58	=B245
F59	=B265
F60	=B255



Продолжение таблицы П. 22

1	2
F61	=B275
F62	=B285
F63	=B297
F64	=B300
F65	=B209
F67	=B199
F69	=B168+B166+B162+B158
F70	=B183
F71	
F123	=СУММ(F56:F71)
G56	=F56*100/F123
G57	=F57*100/F123
G58	=F58*100/F123
G59	=F59*100/F123
G60	=F60*100/F123
G61	=F61*100/F123
G62	=F62*100/F123
G63	=F63*100/F123
G64	=F64*100/F123
G65	=F65*100/F123
G67	=F67*100/F123
G69	=F69*100/F123
G70	=F70*100/F123
G71	
G123	=СУММ(G56:G70)
H56	Литейный шликер
H57	Потери шликера при хранении
H59	Потери шликера при ситовом и магнитном обогащении
H62	Потери шликера при роспуске коржей
H64	Потери воды при фильтр-прессовании
H66	Технологические потери:
H69	1.Готовой суспензии:
H71	Потери суспензии при ситовом и магнитном обогащении
H75	Потери суспензии при транспортировке
H77	2.Сырья:
H78	Каолин Просяновский:
H79	Потери при дозировке
H80	Потери при транспортировке

1	2
H81	Потери на складе сырья
H82	Глина Веселовская:
H83	Потери при дозировке
H84	Потери при транспортировке
H86	Потери на складе сырья
H87	Глина Трошковская:
H88	Потери при дозировке
H89	Потери при транспортировке
H91	Потери на складе сырья
H92	Кварцевый песок Раменский:
H93	Потери при дозировке
H94	Потери при транспортировке
H96	Потери на складе сырья
H97	Пегматит Енский:
H98	Потери при дозировке
H99	Потери при транспортировке
H100	Потери на складе сырья
H101	Глинозем технический:
H102	Потери при дозировке
H103	Потери при транспортировке
H104	Потери на складе сырья
H105	Бой утельный:
H106	Потери при дозировке
H107	Потери при транспортировке
H108	Потери на складе сырья
H109	Бой политой:
H110	Потери при дозировке
H111	Потери при транспортировке
H112	Потери при предварительной подготовке
H114	Потери на складе сырья
H115	3. Суспензии отощающих
H116	Потери суспензии при транспортировке
H118	Потери суспензии при помоле
H120	Потери суспензии при хранении
H123	Сумма
J56	=B167
J57	=B176
J59	=B178
J62	=B181

Продолжение таблицы П. 22

1	2
J64	=B185
J71	=B189
J75	=B187
J79	=B211
J80	=B213
J81	=B215
J83	=B232
J84	=B234
J86	=B236
J88	=B242
J89	=B244
J91	=B246
J93	=B262
J94	=B264
J96	=B266
J98	=B252
J99	=B254
J100	=B256
J102	=B272
J103	=B274
J104	=B276
J106	=B282
J107	=B284
J108	=B286
J110	=B292
J111	=B294
J112	=B296
J114	=B298
J116	=B220
J118	=B222
J120	=B224
J123	=СУММ(J56:J122)
K56	=J56*100/F123
K57	=J57*100/F123
K59	=J59*100/F123
K62	=J62*100/F123
K64	=J64*100/F123
K71	=J71*100/F123
K75	=J75*100/F123

Продолжение таблицы П. 22

1	2
K79	=J79*100/F123
K80	=J80*100/F123
K81	=J81*100/F123
K83	=J83*100/F123
K84	=J84*100/F123
K86	=J86*100/F123
K88	=J88*100/F123
K89	=J89*100/F123
K91	=J91*100/F123
K93	=J93*100/F123
K94	=J94*100/F123
K96	=J96*100/F123
K98	=J98*100/F123
K99	=J99*100/F123
K100	=J100*100/F123
K102	=J102*100/F123
K103	=J103*100/F123
K104	=J104*100/F123
K106	=J106*100/F123
K107	=J107*100/F123
K108	=J108*100/F123
K110	=J110*100/F123
K111	=J111*100/F123
K112	=J112*100/F123
K114	=J114*100/F123
K116	=J116*100/F123
K118	=J118*100/F123
K120	=J120*100/F123
K123	=СУММ(K56:K121)
I125	=ABS(F123-J123)/F123
K128	Таблица 9
D129	Сводный материальный баланс производства
D130	Приход
H130	Расход
D131	Статьи
F131	т/год
G131	%
H131	Статьи
J131	т/год

Продолжение таблицы П. 22

1	2
K131	%
D132	Каолин Просяновский
D133	Глина Веселовская
D134	Глина Трошковская
D135	Кварцевый песок Раменский
D136	Пегматит Енский
D137	Глинозем технический
D138	Череп утельный
D139	Череп политой
D140	Вода на мокрый помол
D141	Вода на роспуск каолина
D143	Вода на роспуск брака
D144	Глазурная суспензия
D145	Возвратный брак
D146	Вода на роспуск коржей
D220	Сумма:
F132	=B214
F133	=B235
F134	=B245
F135	=B265
F136	=B255
F137	=B275
F138	=B285
F139	=B297
F140	=B300
F141	=B209
F143	=B199
F144	=B147
F145	=B168+B166+B162+B158
F146	=B183
F220	=СУММ(F132:F146)
G132	=F135*100/F213
G133	=F136*100/F213
G134	=F137*100/F213
G135	=F138*100/F213
G136	=F139*100/F213
G137	=F140*100/F213
G138	=F141*100/F213
G139	=F142*100/F213

1	2
G140	=F143*100/F213
G141	=F144*100/F213
G143	=F146*100/F213
G144	=F147*100/F213
G145	=F148*100/F213
G146	=F146*100/F213
G220	=СУММ(G132:G146)
H131	Статья
H132	Готовые изделия
H133	Потери при прокаливании
H134	Потери при прокаливании
H135	<b>Удаляемая влага:</b>
H136	Вода, испарённая при политом обжиге
H137	Вода, испарённая при подсушке в цехе
H138	Вода, удалённая при утельном обжиге
H140	Вода, удалённая при сушке
H141	Вода, удалённая при подвялке
H143	Потери глазурной суспензии
H144	<b>Технологические потери:</b>
H145	<b>1. Готовой суспензии</b>
H146	Потери суспензии при ситовом и магнитном обогащении
H148	Потери суспензии при хранении
H149	Потери воды при фильтр-прессовании
H150	<b>2. Каолина:</b>
H151	Потери при дозировке
H152	Потери при транспортировке
H153	Потери на складе сырья
H154	<b>3. Глины Веселовской:</b>
H155	Потери при дозировке
H156	Потери при транспортировке
H158	Потери на складе сырья
H159	<b>4. Глины Трошковской:</b>
H160	Потери при дозировке
H161	Потери при транспортировке
H163	Потери на складе сырья
H164	<b>5. Кварцевого песка Раменского:</b>
H165	Потери при дозировке
H166	Потери при транспортировке
H168	Потери на складе сырья

1	2
H169	<b>6.Пегматита Енского:</b>
H170	Потери при дозировке
H171	Потери при транспортировке
H172	Потери на складе сырья
H173	<b>7. Глинозема технического:</b>
H174	Потери при дозировке
H175	Потери при транспортировке
H176	Потери на складе сырья
H177	<b>8.Боя утельного:</b>
H178	Потери при дозировке
H179	Потери при транспортировке
H180	Потери на складе сырья
H181	<b>9. Боя политого:</b>
H182	Потери при дозировке
H183	Потери при транспортировке
H184	Потери при предварительной подготовке
H186	Потери на складе сырья
H187	<b>10. Суспензии отошающих:</b>
H188	Потери суспензии при транспортировке
H190	Потери суспензии при помоле
H192	Потери суспензии при хранении
H193	<b>11. Литейный шликер:</b>
H194	Потери шликера при хранении
H196	Потери шликера при ситовом и магнитном обогащении
H198	Потери шликера при роспуске коржей
H200	<b>12. Боя и брака:</b>
H201	Бой и брак при сортировке и упаковке
H203	Брак декорированного обжига
H205	Брак при декорировании
H206	Бой при сортировке, маркировке
H207	Брак политого обжига
H208	Брак утельного обжига
H209	Брак сушки
H210	Брак подвялки
H211	Брак формования
H212	Отходы при формовании
H215	Невязка:
H213	Сумма:
J132	=B127

## Продолжение таблицы П. 22

1	2
J133	=B140
J134	= B154
J136	=B142
J137	=B144
J138	=B156
J140	=B160
J141	=B164
J143	=B148
J146	=B189
J148	=B187
J149	=B185
J151	=B211
J152	=B213
J153	=B215
J155	=B232
J156	=B234
J158	=B236
J160	= B242
J161	= B244
J163	= B246
J165	=B262
J166	=B264
J168	=B266
J170	=B252
J171	=B254
J172	=B256
J174	=B272
J175	=B274
J176	=B276
J178	=B282
J179	=B284
J180	=B286
J182	=B292
J183	=B294
J184	=B296
J186	=B298
J188	=B220
J190	=B222
J192	=B224



## Продолжение таблицы П. 22

1	2
J194	=B176
J196	=B178
J198	=B181
J201	=B129
J203	=B131
J205	=B133
J206	=B136
J207	=B138
J208	=B152
J209	=B158
J210	=B162
J211	=B166
J212	=B168
I215	=ABS(F213-J213)/F213
J213	=CYMM(J132:J212)
K132	=J132*100/J213
K133	=J133*100/J213
K134	=J134*100/J213
K136	=J136*100/J213
K137	=J137*100/J213
K138	=J138*100/J213
K140	=J140*100/J213
K141	=J141*100/J213
K143	=J143*100/J213
K146	=J146*100/J213
K148	=J148*100/J213
K149	=J149*100/J213
K151	=J151*100/J213
K152	=J152*100/J213
K153	=J153*100/J213
K155	=J155*100/J213
K156	=J156*100/J213
K158	=J158*100/J213
K160	=J160*100/J213
K161	=J161*100/J213
K163	=J163*100/J213
K165	=J165*100/J213

1	2
K166	=J166*100/J213
K168	=J168*100/J213
K170	=J170*100/J213
K171	=J171*100/J213
K172	=J172*100/J213
K174	=J174*100/J213
K175	=J175*100/J213
K176	=J176*100/J213
K178	=J178*100/J213
K179	=J179*100/J213
K180	=J180*100/J213
K182	=J182*100/J213
K183	=J183*100/J213
K184	=J184*100/J213
K186	=J186*100/J213
K188	=J188*100/J213
K190	=J190*100/J213
K192	=J192*100/J213
K194	=J194*100/J213
K196	=J196*100/J213
K198	=J198*100/J213
K201	=J201*100/J213
K203	=J203*100/J213
K205	=J205*100/J213
K206	=J206*100/J213
K207	=J207*100/J213
K208	=J208*100/J213
K209	=J209*100/J213
K210	=J210*100/J213
K211	=J211*100/J213
K212	=J212*100/J213
K213	=СУММ(K132:K212)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ФАРФОРА.....	5
1.1. Ассортимент изделий и требования, предъявляемые к ним.....	5
1.2. Виды фарфора.....	7
1.3. Сырьевые материалы.....	8
1.3.1. Характеристика каолинов различных месторождений.....	13
1.3.2. Характеристика глин различных месторождений.....	20
1.3.3. Характеристика различных месторождений кварцевого песка... ..	27
1.3.4. Характеристика пегматитов различных месторождений.....	29
1.4. Технология производства хозяйственного фарфора.....	31
1.5. Технологическая схема производства фарфоровых изделий мето- дом пластического формования.....	38
1.6. Описание технологической схемы производства фарфоровых из- делий методом пластического формования.....	42
1.7. Технологическая схема производства фарфоровых изделий ме- тодом шликерного литья (сливной способ).....	55
1.8. Особенности технологической схемы производства фарфоровых изделий методом шликерного литья.....	57
2. МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ФАРФОРА.....	60
2.1. Общие сведения к расчетам материальных балансов.....	60
2.2. Исходные данные.....	61
2.3. Вспомогательные расчеты.....	65
2.3.1. Расчёт суммарного значения потерь при прокаливании изделия при политем обжиге с учетом потерь при прокаливании собственно черепка и глазури.....	65

2.3.2. Расчёт влажности полуфабриката после операции глазурования	66
2.3.3. Расчёт влажности сырьевой смеси, поступающей на тонкий помол в шаровую мельницу.....	67
2.3.4. Расчёт влажности суспензии, получаемой на стадии смешения сырьевых материалов, с учётом влажностей суспензии каолина Прояновского после роспуска и суспензии отошающих материалов.....	69
2.4. Расчёт материального баланса завода по производству изделий из хозяйственного фарфора.....	70
2.4.1. Цех декорирования, декорированного обжига, сортировки и комплектации изделий.....	70
2.4.2. Цех глазурования, политого обжига, сортировки и маркировки..	71
2.4.3. Цех формования, сушки, уфельного обжига.....	73
2.4.4. Массозаготовительный цех.....	76
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	95
Excel – таблицы программы расчета материального баланса производства изделий из хозяйственного фарфора методом пластического формования.....	97
Excel – таблицы программы расчета материального баланса производства изделий из хозяйственного фарфора методом шликерного литья.....	116
Описание программы расчета материального баланса производства изделий из хозяйственного фарфора методом пластического формования.....	134
Описание программы расчета материального баланса производства изделий из хозяйственного фарфора методом шликерного литья.....	164

Учебное издание

Козловская Галина Павловна,  
Филатова Наталья Владимировна,  
Бутакова Марина Станиславовна

**Материальные расчеты в технологии фарфора**

Учебное пособие

Редактор О.А. Соловьева

Подписано в печать 20.01.2014 Формат 60×84 1/16. Бумага писчая.  
Усл. печ. л. 11,39. Уч.-изд. л. 12,64 Тираж 75. Заказ

ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный  
химико-технологический университет»

Отпечатано на полиграфическом оборудовании  
кафедры экономики и финансов ФГБОУ ВПО «ИГХТУ»  
153000, г. Иваново, Шереметевский пр-т, 7