

**Платонов А.П., Ковчур С.Г.**

**УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ  
ВОДОНАСОСНЫХ СТАНЦИЙ И ТЭЦ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**ВИТЕБСК**

**2002**

УДК 628.1.033+667.633

ББК 30.69

П 37

Авторы:

**А.П. Платонов** – канд. хим. наук, доцент, зав. кафедрой химии УО «Витебский государственный технологический университет»;

**С.Г. Ковчур** – доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой охраны труда и промэкологии УО «Витебский государственный технологический университет».

Рецензенты:

**А.М. Дорофеев** – канд. биол. наук, Первый проректор ВГУ им. П.М. Машерова;

**М.А. Будыхо** – генеральный директор УП «Витебскоблремстрой».

Рекомендована:

кафедрой «Химия» Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет»;

Советом Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

П 37

Утилизация отходов водонасосных станций и ТЭЦ Республики Беларусь.  
Сост. А.П. Платонов, С.Г. Ковчур. Витебск: УО «ВГТУ»; 2002. – 132 с.

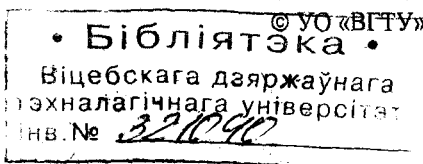
УДК 628.1.033+667.633

ББК 30.69

ISBN 985-6655-61-7

© Авт. Платонов А.П., Ковчур С.Г., 2002

© УО «ВГТУ», 2002



# СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....                                                                                    | 4   |
| <b>Глава 1. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ НА ВОДОНАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ</b> ..... | 7   |
| 1.1. Исследование химического состава отходов .....                                                      | 7   |
| 1.2. Исследование содержания в отходах тяжелых металлов .....                                            | 11  |
| <b>Глава 2. УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ</b> .....                                         | 18  |
| 2.1. Производство цветной тротуарной плитки .....                                                        | 18  |
| 2.2. Получение строительного пигмента из отходов водонасосных станций .....                              | 21  |
| 2.3. Получение фасадных красок .....                                                                     | 26  |
| 2.3.1. Фасадная краска на основе полистирола .....                                                       | 28  |
| 2.3.2. Характеристика исходного сырья .....                                                              | 29  |
| 2.3.3. Характеристика растворителей .....                                                                | 33  |
| 2.3.4. Характеристика наполнителей и пигментов .....                                                     | 36  |
| 2.3.5. Характеристика пластификаторов и ПАВ .....                                                        | 37  |
| 2.3.6. Стадии технологического процесса .....                                                            | 41  |
| 2.3.7. Упрощенная технологическая схема получения фасадной краски .....                                  | 50  |
| 2.3.8. Технология нанесения фасадной краски .....                                                        | 56  |
| 2.3.9. Пожароопасность и токсичность компонентов фасадной краски .....                                   | 57  |
| 2.3.10. Фасадная краска на основе акриловых полимеров .....                                              | 65  |
| 2.3.11. Характеристика пленкообразующего вещества .....                                                  | 68  |
| 2.3.12. Характеристика наполнителей и пигментов .....                                                    | 70  |
| 2.3.13. Характеристика растворителей .....                                                               | 71  |
| 2.3.14. Характеристика поверхностно-активных веществ .....                                               | 75  |
| 2.3.15. Разработка состава и технологии получения фасадной краски «Факрил» .....                         | 76  |
| 2.3.16. Стадии технологического процесса .....                                                           | 79  |
| 2.3.17. Упрощенная технологическая схема получения фасадной краски «Факрил» .....                        | 87  |
| 2.3.18. Проведение экспертизы фасадных красок .....                                                      | 93  |
| <b>Глава 3. ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТЫ – ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА</b> .....                                   | 97  |
| <b>Глава 4. УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ НА ТЭЦ</b> .....                                            | 109 |
| 4.1. Исследование химического состава шлама продувочной воды .....                                       | 109 |
| 4.2. Разработка технологии изготовления асфальтобетона .....                                             | 114 |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....                                                                                  | 124 |
| <b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....                                                                                  | 125 |

## ВВЕДЕНИЕ

Вода, подающаяся потребителям (населению, предприятиям) из артезианских скважин, предварительно очищается от солей жесткости и минеральных примесей на водонасосных станциях. При этом образуются неорганические отходы (шлам с полей фильтрации), снимаемые с фильтров. Периодически, не реже одного раза в полгода, на водонасосных станциях производят чистку емкостей, накопившийся шлам сливают в специальные отстойники. Через 2-3 года отстойники освобождают от шлама и вывозят его на свалку. В результате непроизводительно используется техника (экскаватор, автомобили). На некоторых водонасосных станциях отходы не собирают, а периодически сливают в реки, что приводит к их заилению и обмелению, например, р. Лучеса в Витебске. В результате требуются дополнительные средства на природоохранные мероприятия.

На четырех водонасосных станциях Витебска ежегодно образуется 100-120 тонн железосодержащих отходов. Такое же положение и в других крупных городах Республики Беларусь. В Минске есть несколько водозаборов: Новинки, Петровщина, Зеленовка, Дражня, Острово и др. На водозаборе № 9, в Смолевичском районе, содержание железа в воде, подаваемой потребителям, колеблется от 1 до 1,5 мг/л при норме 0,3 мг/л. На этом водозаборе станция обезжелезивания строится. Самая крупная действующая станция обезжелезивания имеется на водозаборе № 6 (Острово), где накопилось около 1000 тонн неорга-

нических отходов. В Гомеле имеется около 500 тонн железосодержащих отходов, на Светлогорском ПО «Химволокно» накопилось около 300 тонн таких отходов.

В Республике Беларусь, России и других странах СНГ до настоящего времени не разработана технология комплексной утилизации отходов станций обезжелезивания. Шлам с полей фильтрации нашел применение в сельском хозяйстве, для подкормки плодовых деревьев, особенно яблонь, с целью повышения их урожайности.

Вторая задача настоящего исследования – разработка технологии комплексной утилизации отходов, образующихся при водоподготовке на теплоэлектроцентралях. Несколько лет назад, когда Витебская ТЭЦ в качестве топлива использовала мазут, существовало два вида отходов: шлам обмывочной воды, который образуется после сжигания мазута, и шлам продувочной воды, образующийся после осветления воды. В настоящее время в качестве топлива вместо мазута используется газ, поэтому вопрос с утилизацией шлама обмывочной воды не стоит так остро, как с утилизацией отходов, образующихся после осветления воды. Ежемесячно на крупной ТЭЦ образуется около 50 тонн жидких отходов или 5 тонн сухого шлама. Использовать отходы в качестве удобрения для подкормки растений нецелесообразно, поскольку в них содержится 8-10 % соединений алюминия (на Витебской ТЭЦ в качестве коагулянта применяют сульфат алюминия). В настоящее время на ТЭЦ накопилось боль-

шное количество отходов, не нашедших применения, и загрязняющих окружающую среду. Аналогичное положение в других крупных городах Витебской области.

Исследования, проведенные на кафедрах химии, охраны труда и промышленной экологии Витебского государственного технологического университета показали, что железосодержащие отходы водонасосных станций можно использовать для получения высококачественных строительных материалов: фасадной краски, цветной тротуарной плитки, строительных пигментов, а отходы ТЭЦ могут найти применение для изготовления дорожного асфальтобетона, а также для ремонта покрытий автомобильных дорог. Решение поставленной задачи приведет к улучшению экологической ситуации на водонасосных станциях и теплоэлектроцентралях крупных городов Республики Беларусь. Разработанные технологии утилизации отходов являются ресурсосберегающими, экологобезопасными, экспортоориентированными, важными в плане импорта замещения [25, 26, 27, 28, 39].

# ГЛАВА 1. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ НА ВОДОНАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ

## 1.1. Исследование химического состава отходов

Химический состав отходов (шлама) определялся методами комплексометрии. Отходы водоочистительных станций в естественном состоянии представляют собой влажную массу темно-коричневого цвета. В зависимости от сезона и места добычи образцы содержали от 5 до 35 % влаги. Анализы проводились в усредненной пробе в трех параллельных образцах. Образцы массой от 4 до 11 г высушивались до постоянного веса при 105-110 °С. В дальнейшем все анализы проводились в пересчете на безводные навески. Образцы растворялись в соляной кислоте различной концентрации для определения содержания двухвалентного железа. Однако, качественный анализ показал, что ионы двухвалентного железа в пробах отсутствуют. Растворимая часть пробы декантировалась, многократно промывалась разбавленной соляной кислотой, затем дистиллированной водой. Нерастворимый остаток фильтровался и высушивался на бумажном фильтре. Масса нерастворимого осадка (диоксида кремния) составила от 48,25 % до 55,66 %. Растворимая часть разбавлялась в мерной колбе до 100 или 250 мл и использовалась для анализа. Для определения ионов трехвалентного железа был выбран гравиметрический метод осаждения в виде гидроксида, так как определение ионов трехвалентного железа с помощью желтой

кровавой соли затруднительно из-за плохого осаждения мелкодисперсного с него осадка и длительного фильтрования.

Рассчитанное значение pH осаждения  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  составляет 9,5, в то время как для определяемых далее  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ : 11,6 и 13,5 соответственно. Таким образом, тщательное выполнение методики осаждения гидроксида железа позволяет определить содержание железа и в прозрачном фильтрате проводить дальнейшие анализы. Осаждение ионов  $\text{Fe}^{3+}$  проводилось 1,5-кратным избытком  $\text{NH}_4\text{OH}$  при нагревании согласно методике [1]. После проверки на полноту осаждения осадок многократно промывался 2 %  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и горячей дистиллированной водой на бумажном фильтре «красная» или «черная» лента. После высушивания осадок в фарфоровом тигле прокаливался в муфельной печи при температуре 800 °C в течение 25-35 минут до постоянной массы. Более длительное прокаливание нецелесообразно, так как это может привести к потерям. Имеет значение также тщательное промывание осадка от хлорид-ионов, иначе железо при прокаливании может теряться из-за летучести  $\text{FeCl}_3$ . Для оценки точности гравиметрического метода содержания железа определялось в  $\text{FeCl}_2$  и  $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2$ . Метод дал точные результаты. Выполнена математическая обработка результатов анализа по методу наименьших квадратов с 90 % доверительным интервалом [2].

Прозрачный фильтрат, после осаждения гидроксида железа, использовался для определения содержания кальция и магния. Анализ проводился комплексно.



сонометрическим методом с помощью трилона Б и индикаторов хромогена черного для определения суммы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  и мурексида для определения  $\text{Ca}^{2+}$ .

Результаты определений приведены в таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 – Состав отходов водонасосных станций

| Содержание в весовых процентах в пересчете на сухое вещество                         | Водонасосные станции<br>г. Витебска |           |           |           | Водонасосные станции<br>г. Орши |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------------------|-----------|
|                                                                                      | № 1                                 | № 2       | № 3       | № 4       | № 1                             | № 2       |
| $\text{SiO}_2$                                                                       | 48,3-49,2                           | 49,1-49,6 | 48,4-49,5 | 49,1-50,3 | 53,1-55,6                       | 52,3-54,8 |
| $\text{Fe}^{3+}$                                                                     | 32,2-33,1                           | 31,9-32,1 | 32,4-33,0 | 31,8-32,3 | 30,8-31,0                       | 30,3-30,6 |
| $\text{Ca}^{2+}$                                                                     | 4,1-4,2                             | 4,1-4,3   | 4,2-4,3   | 4,1-4,2   | 4,5-4,6                         | 4,5-4,7   |
| $\text{Mg}^{2+}$                                                                     | 2,0-2,1                             | 2,3-2,4   | 2,0-2,2   | 2,1-2,2   | 2,3-2,4                         | 2,2-2,3   |
| Анионы $\text{HCO}_3^-$ ,<br>$\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Cl}^-$ | 11,4-13,4                           | 11,6-12,6 | 11,0-13,0 | 11,0-12,9 | 7,0-10,0                        | 8,0-11,0  |

Таблица 1.2 – Состав отходов водонасосных станций

| Содержание в весовых процентах в пересчете на сухое вещество                         | Водозабор<br>№ 6<br>Минска | Водозабор<br>№ 2<br>Гомеля | Водозабор<br>№ 2<br>Могилева | Водозабор<br>ПО «Химволокно»<br>Светлогорска |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------------------------|
| $\text{SiO}_2$                                                                       | 39,8-41,2                  | 43,8-44,3                  | 47,8-48,3                    | 41,7-42,2                                    |
| $\text{Fe}^{3+}$                                                                     | 28,8-30,2                  | 24,7-25,2                  | 32,9-33,2                    | 25,8-26,3                                    |
| $\text{Ca}^{2+}$                                                                     | 4,9-5,2                    | 5,8-6,3                    | 3,8-4,1                      | 4,8-5,2                                      |
| $\text{Mg}^{2+}$                                                                     | 1,9-2,1                    | 1,8-2,2                    | 1,4-1,5                      | 0,9-1,0                                      |
| Анионы $\text{HCO}_3^-$ ,<br>$\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Cl}^-$ | 21,8-22,1                  | 22,7-23,2                  | 13,4-13,6                    | 25,7-26,3                                    |

В пересчете на  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  содержание оксида трехвалентного железа в неорганических отходах Витебска, Минска, Могилева, Гомеля, Светлогорска изменялось в пределах от 14 до 22 %, что по качественным показателям соответствует строительному пигменту «охра». В таблице 1.3 приведены показатели качества отходов (усредненные данные по всем городам).

Таблица 1.3 – Качественные показатели отходов

| Наименование показателя                                             | Норма                                     | Метод испытания                    |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Внешний вид                                                      | Однородная масса светло-коричневого цвета | ТУ 17-2071665-1-97                 |
| 2. Степень дисперсности                                             | 150-250 мк                                | ГОСТ 21119.1-10-75<br>ГОСТ 6589-74 |
| 3. Содержание воды по массе                                         | 5-30 %                                    | ГОСТ 21119.1-10-75                 |
| 4. Потери при прокаливании при 900 °С в течение 2 часов, % по массе | 25-30 %                                   | ГОСТ 11022-75                      |

Разработан температурный режим прокаливания отходов [30]. Учитывая, что соединения кальция, магния и железа разлагаются при следующих температурах:  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  и основные соли железа: 600-630 °С;  $\text{MgCO}_3$ : 350 °С;  $\text{CaCO}_3$ : 898 °С, неорганические отходы прокаливались при 900 °С в течение 2 часов. Цвет прокаленных отходов темно-красный.

В прокаленных отходах с помощью метода гравиметрии определялось только содержание железа, так как от этого зависит технология производства

строительных материалов. Содержание оксида трехвалентного железа в прокаленных отходах изменялось в пределах 68-84 %, что по качественным показателям соответствует строительному пигменту «сурик». Степень дисперсности прокаленных отходов составила 140-260 мк. Потери при прокаливании составили 22-35 %.

### ***1.2. Исследование содержания в отходах тяжелых металлов***

Содержание тяжелых металлов (микроэлементов) в железосодержащем шламе определялось на спектрографе PGS-2 [43]. Содержание микроэлементов исследовалось в непрокаленных и прокаленных отходах. Чувствительность метода выражается в мг на килограмм сухого вещества. Результаты анализа приведены в таблицах 1.4-1.8.

В неорганических отходах водонасосных станций Гомеля обнаружено повышенное содержание стронция в 2 раза, кобальта в 1,5 раза по сравнению с санитарными нормами. Возможно, это связано с тем, что шлам несколько лет хранится в отстойниках. Более 50 % воды поступает на водонасосные станции Гомеля из реки Сож. В неорганических отходах станции обезжелезивания ПО «Химволокно» Светлогорска отмечено повышенное содержание свинца в 1,5 раза. В шламе водозабора № 6 Минска отмечено небольшое превышение содержания цинка (в 1,2 раза).

Таблица 1.4 – Содержание микроэлементов (тяжелых металлов) в отходах водозаборов № 1-4 Витебска

| Элемент                        | Mn  | Ti  | Cu  | Zr | Pb | Ba  | Y  | Mo  | Zn   | Cr | V  | Ni | Co | Be |
|--------------------------------|-----|-----|-----|----|----|-----|----|-----|------|----|----|----|----|----|
| Чувствительность метода, мг/кг | 10  | 10  | 3   | 6  | 8  | 50  | 5  | 1   | 200  | 6  | 10 | 5  | 4  | 1  |
| Непрокаленные отходы           | 70  | 130 | 8,7 | 13 | 87 | 290 | 16 | 1,7 | 1600 | —  | —  | —  | —  | —  |
| Прокаленные отходы             | 130 | 200 | 16  | 15 | 80 | 500 | 30 | 1,5 | 640  | —  | —  | —  | —  | —  |

| Элемент                        | Yb | Nb | Sc | Sn | Ga | Ag  | Cd | Sb  | Bi | As  | W  | Hg  | Tl | Sr  | Ge |
|--------------------------------|----|----|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| Чувствительность метода, мг/кг | 1  | 10 | 4  | 1  | 4  | 0,5 | 10 | 100 | 10 | 200 | 30 | 300 | 10 | 100 | 10 |
| Непрокаленные отходы           | —  | —  | —  | —  | —  | —   | —  | —   | —  | —   | —  | —   | —  | —   | —  |
| Прокаленные отходы             | —  | —  | —  | —  | —  | —   | —  | —   | —  | —   | —  | —   | —  | —   | —  |

Таблица 1.5 – Содержание микроэлементов (тяжелых металлов) в отходах водозабора № 6 Минска

| Элемент                        | Zn   | Pb | Zr | Cu | Ba  | V  | Mo | Y  | Ti  | Mn | Cr | Co |
|--------------------------------|------|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|
| Чувствительность метода, мг/кг | 200  | 8  | 6  | 4  | 50  | 10 | 1  | 5  | 10  | 10 | 6  | 4  |
| Непрокаленные отходы           | 800  | 72 | 12 | 8  | 250 | —  | —  | 15 | 80  | 60 | —  | —  |
| Прокаленные отходы             | 1920 | 88 | 18 | 16 | 400 | —  | —  | 25 | 120 | 90 | —  | —  |

| Элемент                        | Be | Sn | Bi | As  | W  | Sr  | Sc | Sb  | Cd | Ge | Ni |
|--------------------------------|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|----|----|
| Чувствительность метода, мг/кг | 1  | 1  | 10 | 200 | 30 | 100 | 4  | 100 | 10 | 10 | 5  |
| Непрокаленные отходы           | —  | —  | —  | —   | —  | —   | —  | —   | —  | —  | —  |
| Прокаленные отходы             | —  | —  | —  | —   | —  | —   | —  | —   | —  | —  | —  |

Таблица 1.6 – Содержание микроэлементов (тяжелых металлов) в отходах водозабора № 2 Гомеля

| Элемент                           | Zn  | Pb  | Zr | Cu | Ba  | V  | Mo | Y | Ti  | Mn  | Cr | Co |
|-----------------------------------|-----|-----|----|----|-----|----|----|---|-----|-----|----|----|
| Чувствительность<br>метода, мг/кг | 200 | 8   | 6  | 4  | 50  | 10 | 1  | 5 | 10  | 10  | 6  | 4  |
| Непрокаленные<br>отходы           | 400 | 88  | 12 | 12 | 200 | —  | —  | — | 70  | 80  | —  | 24 |
| Прокаленные<br>отходы             | 700 | 120 | 24 | 20 | 450 | —  | —  | — | 140 | 150 | —  | 42 |

| Элемент                           | Be | Sn | Bi | As  | W  | Sr   | Sc | Sb  | Cd | Ge | Ni |
|-----------------------------------|----|----|----|-----|----|------|----|-----|----|----|----|
| Чувствительность<br>метода, мг/кг | 1  | 1  | 10 | 200 | 30 | 100  | 4  | 100 | 10 | 10 | 5  |
| Непрокаленные<br>отходы           | 4  | —  | —  | —   | 60 | 600  | —  | —   | —  | —  | —  |
| Прокаленные<br>отходы             | 6  | —  | —  | —   | 90 | 1100 | —  | —   | —  | —  | —  |

Таблица 1.7 – Содержание микроэлементов (тяжелых металлов) в отходах водозабора Мотылева

| Элемент                           | Zn   | Pb | Zr | Cu | Ba  | V  | Mo  | Y | Ti  | Mn  | Cr | Co |
|-----------------------------------|------|----|----|----|-----|----|-----|---|-----|-----|----|----|
| Чувствительность<br>метода, мг/кг | 200  | 8  | 6  | 4  | 50  | 10 | 1   | 5 | 10  | 10  | 6  | 4  |
| Непрокаленные<br>отходы           | 600  | 72 | 14 | 7  | 150 | —  | 1,5 | — | 70  | 70  | —  | —  |
| Прокаленные<br>отходы             | 1200 | 80 | 18 | 10 | 200 | —  | 2,0 | — | 110 | 100 | —  | —  |

| Элемент                           | Be | Sn | Bi | As  | W  | Sr  | Sc | Sb  | Cd | Ge | Ni |
|-----------------------------------|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|----|----|
| Чувствительность<br>метода, мг/кг | 1  | 1  | 10 | 200 | 30 | 100 | 4  | 100 | 10 | 10 | 5  |
| Непрокаленные<br>отходы           | —  | —  | —  | —   | —  | —   | —  | —   | —  | —  | —  |
| Прокаленные<br>отходы             | —  | —  | —  | —   | —  | —   | —  | —   | —  | —  | —  |

Таблица 1.8 – Содержание микроэлементов (тяжелых металлов) в отходах водозабора

ПО «Химволокно» Светлогорска

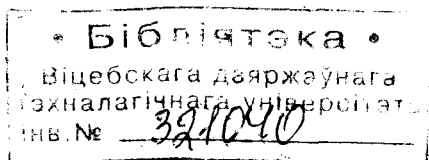
| Элемент                           | Zn  | Pb  | Zr | Cu | Ba  | V  | Mo | Y | Ti  | Mn | Cr | Co |
|-----------------------------------|-----|-----|----|----|-----|----|----|---|-----|----|----|----|
| Чувствительность<br>метода, мг/кг | 200 | 8   | 6  | 4  | 50  | 10 | 1  | 5 | 10  | 10 | 6  | 4  |
| Непрокаленные<br>отходы           | 500 | 120 | 10 | 8  | 300 | —  | —  | — | 90  | —  | —  | 20 |
| Прокаленные<br>отходы             | 850 | 166 | 14 | 11 | 450 | —  | —  | — | 140 | —  | —  | 28 |

| Элемент                           | Be  | Sn | Bi | As  | W  | Sr  | Sc | Sb  | Cd | Ge | Ni |
|-----------------------------------|-----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|----|----|
| Чувствительность<br>метода, мг/кг | 1   | 1  | 10 | 200 | 30 | 100 | 4  | 100 | 10 | 10 | 5  |
| Непрокаленные<br>отходы           | 2   | —  | —  | —   | —  | 200 | —  | —   | —  | —  | —  |
| Прокаленные<br>отходы             | 3,5 | —  | —  | —   | —  | 280 | —  | —   | —  | —  | —  |



Содержание в отходах большинства тяжелых металлов незначительно, т.е. не превышает предела чувствительности метода анализа. К таким элементам относятся кадмий, сурьма, висмут, мышьяк, вольфрам, германий, хром, ванадий, никель, бериллий, иттрий, скандий [44].

Содержание микроэлементов в отходах необходимо контролировать постоянно. Из данных таблиц 1.4-1.8 можно сделать вывод о том, что содержание большинства тяжелых металлов в отходах не превышает допустимых санитарных норм, что дает возможность использовать шлак для получения строительных материалов. Разрешение на выпуск каждой партии строительных материалов необходимо получать в центре гигиены и эпидемиологии.



## ГЛАВА 2. УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ

### 2.1. Производство цветной тротуарной плитки

В качестве сырья для производства цветной тротуарной плитки используются: цемент, песок, отходы водонасосных станций, вода. Отходы (шлам) могут быть непрокаленные и прокаленные. Тонкость помола отходов должна характеризоваться прохождением через сито 008 в количестве не менее 85 % от массы отходов. В случае необходимости шлам необходимо измельчать в шаровой мельнице в течение 30 минут. Влажность непрокаленных отходов не должна превышать 5 %.

Размеры цветной тротуарной плитки: 30х30х8 см. Учитывая невысокую себестоимость шлама, тротуарную плитку можно изготовить цветной во всем объеме. Но в этом случае, как показали испытания, прочность тротуарной плитки не будет соответствовать требованиям ГОСТ 17608-91 [22, 24, 29, 34].

Технология изготовления цветной тротуарной плитки заключается в следующем: в смеситель загружаются песок, цемент, вода и перемешиваются по обычной заводской технологии [38]. Затем формуется серые тротуарные плитки размером 30х30х6 см (масса 1 плитки 20-22 кг). Одновременно в другом смесителе готовится цветная смесь. Для этого загружают отходы (непрокаленные или прокаленные), заливают необходимое количество воды и смесь перемешивают в течение 15 минут. Затем в смеситель засыпается расчетное количе-

ство цемента и смесь снова перемешивается в течение 30 минут. После этого на серую тротуарную плитку наносят цветной слой толщиной 2-2,5 см и сушат по обычной технологии. Масса одной цветной плитки 25-26 кг. Пигмент (сурик или охра) составляет 8-10 % от массы цемента. Охра содержит от 12 до 25 % оксида железа (III), сурик: 60-95 % оксида железа (III). Поскольку в составе шлама содержание оксида железа не превышает 30 %, содержание отходов в составе пигментного слоя должно быть максимальным.

Технические характеристики цветной тротуарной плитки: марка тротуарной плитки ЗК8, класс бетона В 25, марка бетона 300, т.е. прочность на сжатие 300 МПа или  $300 \text{ кг/см}^2$ , количество плит в  $1 \text{ м}^2$  – 11 штук, отпускная прочность:  $290 \text{ кг/см}^2$ , морозостойкость: 200, водопоглощение 6 %.

Технические характеристики компонентов: цемент ПЦ-400, песок: объемная масса  $1690 \text{ кг/м}^3$ , загрязненность – 1,2 %; объемная масса бетонной смеси  $2500 \text{ кг/м}^3$ ; водоцементное отношение 0,4. Изготовление тротуарных плит из цветной бетонной смеси методом полусухого формования, условия формования – виброформование. Дозирование: весовое (цемент, вода, отходы), объемное (песок).

Расход цемента в расчете на  $1 \text{ м}^3$  смеси:

$$\text{Ц} = \text{В} : \text{В/Ц} = 210 : 0,4 = 525 \text{ кг}$$

Расход воды: 210 л. Расход песка:  $\Pi = 2500 - (\text{Ц} + \text{В}) =$

$$= 2500 - 210 - 525 = 1765 \text{ кг}; 1765 \text{ кг} : 1690 = 1,04 \text{ м}^3$$

Состав смеси для получения серых тротуарных плиток (на 1 м<sup>3</sup> смеси, 120 плиток):

Цемент – 525 кг

Песок – 1765 кг

Вода – 210 л

Состав смеси для получения серых тротуарных плиток на 1 замес (30 плиток):

Цемент – 131 кг

Песок – 0,25 м<sup>3</sup>

Вода – 54 л

Состав смеси для получения цветной тротуарной плитки на основе не-прокаленных отходов (на 1 м<sup>3</sup> смеси, светло-коричневый цвет):

Цемент – 525 кг

Отходы – 1700 кг

Вода – 210 л

Состав смеси для получения цветной тротуарной плитки на основе про-каленных отходов (на 1 м<sup>3</sup> смеси, оранжевый цвет):

Цемент – 525 кг

Песок – 850 кг

Отходы – 850 кг

Вода – 210 л

В производственной лаборатории проведены технические испытания цветной тротуарной плитки. Для испытаний изготовлены плитки размером 10х10х8 см. Определялась водостойкость, морозостойкость, солестойкость, атмосферостойкость плиток и прочность цветного слоя к истиранию. Установлено, что все показатели находятся в пределах требований ГОСТ. Атмосферостойкость цветного слоя составила не менее 5 лет в атмосферных условиях умеренного климата. Однако, ускоренные методы испытания дают достоверные результаты в пределах 40-50 %. Поэтому проводятся испытания цветных тротуарных плиток в естественных условиях. Разработаны и утверждены технические условия.

## **2.2. Получение строительного пигмента из отходов водонасосных станций**

На основе неорганических отходов станций обезжелезивания можно получить железосодержащие пигменты и пигменты-наполнители с широкой цветовой гаммой. Поскольку Республика Беларусь не имеет собственного производства железосодержащих пигментов, а их потребность превышает 5000 т/год, в связи с возникшей проблемой замены импортного сырья и создания ресурсосберегающих технологических процессов, появляется необходимость разработки технологии пигментов на базе дешевого местного сырья [47]. Наличие большого количества железосодержащих шламов, их малоизученность и отсутствие приемлемых для практического использования технологических реше-

ний, диктует необходимость проведения целенаправленных исследований способов и условий переработки шламов для создания технологии пигментов и пигментов-наполнителей различного функционального назначения. Разработка способов получения пигментов на основе шламов относится к ресурсосберегающим технологиям. Применение отечественных пигментов позволит значительно снизить (на 20-25 %) стоимость получаемых с их использованием изделий и материалов.

По литературным данным, основным источником сырья для получения высококачественных синтетических железосодержащих пигментов является металлическое железо и его растворимые соли [47]. Предпочтение отдается синтезу пигментов из растворов, так как в этом случае процессы более управляемы и возможно получение пигментов более высокого качества. В настоящее время наметились определенные тенденции между стремлением к повышению качества выпускаемых синтетических пигментов и использованием дешевого сырья для их получения, в частности, отходы различных производств. Такими отходами являются: растворы, содержащие соли железа (отработанные травильные растворы), твердые соли (железный купорос), твердые оксидные и пастообразные гидроксидные железосодержащие отходы (окалина, железосодержащие шламы). В литературе нет сведений о получении пигментов из шлама станций обезжелезивания.

Высушенный шлам с влажностью 2-3 % по качественным показателям не

уступает строительному пигменту типа «охра». Степень дисперсности строительного пигмента не должна превышать 150 мк (ГОСТ 16873-88). Поэтому отходы необходимо предварительно измельчать в шаровой мельнице. После прокаливания отходов при 700-750 °С в течение 2 часов получается высококачественный пигмент, аналогичный железному сурику [23].

При термообработке шламов происходит их дегидратация, что приводит к изменению химического, фазового и дисперсного состава получаемых веществ. Основное количество химически связанной воды из шлама удаляется в области 100-400 °С. При нагревании железокальциевого шлама, содержащего сульфат кальция, при 650-700 °С кристаллизуется  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. При содержании Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> более 50 % и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : (MeO + Me<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = 1 : (0,1-0,3) шлам является исходным сырьем для получения коричневых и красно-коричневых пигментов. При содержании железа в пересчете на Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 15-25 % и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : CaO = 1 : (4,0-6,0) шлам является сырьем для получения цветных пигментов-наполнителей. Образование железохромового оксида со структурой  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> приводит к получению темно-коричневых пигментов.

Одна из важнейших характеристик строительных пигментов – их укрывистость. Укрывистость непрокаленных и прокаленных неорганических отходов определялась по ГОСТ 8784-75 «Материалы лакокрасочные. Методы определения укрывистости». Укрывистость – это свойство пигмента закрывать поверхность подложки так, чтобы цвет ее становился невидимым. Количественно

укрывистость выражают в граммах сухого пигмента, необходимого для того, чтобы сделать невидимым цвет закрываемой поверхности площадью в  $1 \text{ м}^2$ . Для проведения испытаний использовали стеклянную пластинку размером  $100 \times 300 \text{ мм}$ , толщиной  $2-2,5 \text{ мм}$ , на одной стороне которой имеются три полосы: по краям две полосы, нанесенные черной краской, а между ними полоса, нанесенная белой краской. Ширина каждой полосы  $15 \text{ мм}$ , длина  $250 \text{ мм}$ . Полосы находятся на равном расстоянии друг от друга. Непрокаленные или прокаленные отходы растирались с натуральной олифой «Оксоль» и кистью наносились на лицевую сторону поверхности предварительно взвешенной пластинки с тремя полосами, закрашивая площадь  $100 \times 250 \text{ мм}$  до тех пор, пока полосы на пластинке становятся невидимыми.

Укрывистость (X) вычисляется по формулам:

а) в расчете на малярную консистенцию:

$$X = \frac{(m_1 - m) \cdot 10000}{S},$$

где:  $m_1$  – масса стеклянной пластинки с нанесенным слоем краски;  $m$  – масса стеклянной пластинки до покраски, г;  $10000$  – площадь  $1 \text{ м}^2$ , выраженная в  $\text{см}^2$ ;  $S$  – укрываемая площадь стеклянной пластинки,  $\text{см}^2$ .

б) в расчете на сухой пигмент:

$$X = \frac{(m_1 - m) \cdot (100 - m_2) \cdot 10000}{S \cdot 100},$$

где:  $m_2$  – содержание олифы в краске, г.



В результате испытаний установлено, что укрывистость непрокаленных отходов составляет не более  $70 \text{ г/м}^2$ . Для сравнения, укрывистость охры марки 0-1 (ГОСТ 6-10-430-80) составляет не более  $65 \text{ г/м}^2$ . Укрывистость прокаленных отходов составляет не более  $20 \text{ г/м}^2$ . Для сравнения, укрывистость сурика железного (ГОСТ 2135-74) составляет не более  $20 \text{ г/м}^2$ . С уменьшением среднего размера частиц до  $2,5 \text{ мкм}$  происходит увеличение укрывистости на  $15-20 \%$ .

Определение реакции водной вытяжки пигмента проводилось следующим образом. В стакан на  $200 \text{ мл}$  к навеске  $2 \pm 0,0002 \text{ г}$  используемого пигмента приливают  $100 \text{ мл}$  дистиллированной воды и кипятят  $5 \text{ мин}$ . После охлаждения содержимое переводят в мерную колбу емкостью  $200 \text{ мл}$ , добавляют до метки дистиллированной воды и фильтруют. Затем определяют pH отобранной водной вытяжки при помощи pH-метра со стеклянным электродом. Реакция водной вытяжки непрокаленных отходов изменялась в пределах  $7,2-7,4$ , а прокаленных отходов:  $7,1-7,3$ .

Определение маслосъемности пигментов проводилось следующим образом. Навеску пигмента  $5 \pm 0,01 \text{ г}$  помещают в стакан, в который из микробюретки по каплям приливают льняное масло, перемешивая пигмент стеклянной палочкой. Приливание масла прекращают в момент образования сплошного комка. Маслосъемность пигмента вычисляют по формуле

$$X = \frac{V \cdot P \cdot 100}{m},$$

где:  $V$  – объем льняного масла, израсходованный на насыщение пигмента, мл;  
 $P$  – плотность льняного масла, г/см<sup>3</sup>;  $m$  – масса навески пигмента, г.

Маслоемкость непрокаленных отходов составила 30-32 г на 100 г пигмента; прокаленных отходов: 19-20 г на 100 г пигмента. Таким образом, по качественным показателям непрокаленные и прокаленные неорганические отходы станций обезжелезивания не уступают строительным пигментам типа «охра» и «сурик» [45].

### **2.3. Получение фасадных красок**

В настоящее время для отделки фасадов зданий применяются фасадные краски отечественного производства (силикатные, полимерцементные, полихлорвиниловые) или импортные фасадные краски. Фасадные краски должны обладать как декоративными, так и защитными свойствами, надежно предохраняющими строительные материалы от разрушающего действия кислотных дождей. Находят применение дешевые бесполимерные краски на основе минеральных связующих, например, известковая, цементная, силикатная. Эти краски имеют ряд недостатков: невысокие деформационные и декоративные свойства, качество и атмосферостойкость покрытий сильно зависят от условий их нанесения. Распространено применение красок с высоким содержанием полимеров: кремнийорганических, нефтеполимерных. Недостатком этих красок являются низкая паропроницаемость и высокая стоимость, обусловленная боль-

шим содержанием наиболее дорогостоящего компонента краски – полимерного связующего [11].

За последние пятнадцать лет во многих странах наблюдается устойчивая тенденция роста потребления отделочных составов на основе акриловых смол. Их структура обеспечивает хорошую химическую, свето- и влагостойкость. В НИИ Главмосстроя разработана краска для отделки фасадов «Виана» (ТУ 400-2-203-83) на основе смолы «Виакрил», поставляемой австрийской фирмой «Вианова». Краска «Виана» имеет высокие физико-механические свойства, долговечна, декоративна и по своим показателям превосходит известные югославские составы «Халиофос», «Пластизан-Супер» [7].

На кафедре химии Витебского государственного технологического университета разработаны составы двух новых фасадных красок, с использованием отходов водонасосных станций, - на основе полистирола и сополимера акрилонитрила и винилхлорида [13, 15]. Многие компоненты красок выпускаются на предприятиях Витебской области: в объединениях «Полимир», «Доломит», «Лафтан». Некоторые компоненты являются отходами производства. Использование неорганических отходов станций обезжелезивания и отходов полистирола или сополимера акрилонитрила и винилхлорида позволяет в 2-3 раза снизить себестоимость краски по сравнению с лучшими зарубежными аналогами (Россия, Чехия, Финляндия) [36]. В Белгоспатенте получен патент: Платонов А.П., Ефременков М.Ф., Губанова Н.Е. «Композиция для покрытия» [21].

### 2.3.1. Фасадная краска на основе полистирола

Фасадные краски представляют собой сложные системы, в состав которых входят пленкообразователи, пластификаторы, наполнители, растворители, пигменты, поверхностно-активные вещества. От типа пленкообразующего вещества зависят основные свойства краски (атмосферостойкость, водостойкость, химстойкость). В качестве пленкообразующих веществ в настоящее время применяются алкидные, мочевино-формальдегидные, эпоксидные смолы; сополимеры стирола и акриловой кислоты, сополимеры винилхлорида. В основном используются линейные полимеры или полимеры с небольшим разветвлением. Пленкообразующие вещества должны обладать хорошей растворимостью в органических растворителях, совместимостью с пластификаторами, наполнителями, способностью к образованию покрытий с заданными защитными и декоративными свойствами.

Краска на основе полистирола (ПС) представляет собой суспензию пигментов и наполнителей (отходов станций обезжелезивания) в растворе полистирола с добавками пластификатора и поверхностно-активного вещества. Краска предназначена для окрашивания оштукатуренных, бетонных и кирпичных поверхностей, фасадов зданий, а также деревянных поверхностей. Краска наносится кистью, валиком, методами безвоздушного и пневматического распыления. Краска ПС должна соответствовать техническим требованиям и нормам, приведенным в таблице 2.1 [17].

Таблица 2.1 – Показатели фасадной краски ПС

| Наименование показателя                                                                   | Значение                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Цвет и внешний вид пленки                                                              | После высыхания эмаль должна образовывать однородную глубокоматовую пленку. Цвет пленки эмали должен соответствовать эталону колеров [9] |
| 2. Массовая доля нелетучих веществ                                                        | 40-50 %                                                                                                                                  |
| 3. Условная вязкость по вискозиметру ВЗ-4 с диаметром 4 мм при температуре $20 \pm 2$ °С  | 45-65 с.                                                                                                                                 |
| 4. Степень перетира, не более                                                             | 130 мкм                                                                                                                                  |
| 5. Время высыхания до степени 3 при температуре $20 \pm 2$ °С, не более                   | 2 час                                                                                                                                    |
| 6. Плотность сухой пленки                                                                 | 1,18-1,22 г/см <sup>3</sup>                                                                                                              |
| 7. Плотность краски                                                                       | 1,15-1,20 г/см <sup>3</sup>                                                                                                              |
| 8. Эластичность пленки при изгибе, не менее                                               | 10 мм                                                                                                                                    |
| 9. Укрывистость высушенной пленки, не более<br>Для белой краски<br>Для цветных красок     | 140 г/м <sup>2</sup><br>110 г/м <sup>2</sup>                                                                                             |
| 10. Стойкость пленки к статическому действию воды при температуре $20 \pm 2$ °С, не менее | 8 час                                                                                                                                    |

### 2.3.2. Характеристика исходного сырья

В таблице 2.2 приведены основные характеристики сырья и материалов, используемых для получения фасадной краски ПС. В состав краски в качестве

пленкообразующего входят отходы полистирола или пенополистирола. Массовая доля основного вещества в полистироле должна составлять не менее 95 %. Для приготовления краски пригодны любые марки пенополистирола в виде б и сера, гранул и дробленой крошки. Можно использовать бисерный некондиц и онный пенополистирол, у которого частично улетучился газообразователь и он не пригоден для изготовления деталей. Целесообразно использовать отходы пенополистирола, имеющиеся на телевизионных, машиностроительных предприятиях и заводах по производству холодильников [16].

В качестве пленкообразующего вещества можно применять полистирол любых марок или его отходы. Например, ударопрочный полистирол широко применяется на многих промышленных предприятиях (заводы по производству холодильников, бытовой техники, химпредприятия), где накапливается достаточно большое количество отходов. Для приготовления краски можно использовать отходы цветного полистирола, но они должны быть однотонными и соответствовать цвету получаемой краски. Пенополистирол и полистирол различаются по скорости растворения. Пенополистирол растворяется при энергичном перемешивании в течение 5-10 минут, для растворения полистирола при непрерывном перемешивании необходимо 1,5-2 часа.

Таблица 2.2 – Характеристика сырья и материалов

| Наименование сырья               | ГОСТ, ОСТ, ТУ                                                                           | Показатели, обязательные для проверки                                           |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                | 2                                                                                       | 3                                                                               |
| 1. Полистирол общего назначения  | ГОСТ 20282-85<br>Марки: ПСМ, ПСС, ПСЭ                                                   | Порошок или гранулы с размерами частиц 2-20 мм                                  |
| 2. Полиэтирол ударопрочный       | ОСТ 6-05-406-80<br>Марки: УПС-0803, УПИМ-0703, УПИМ-0612, УПИМ-0508, УПИМ-0503, УПИМ-03 | Порошок или гранулы с размерами частиц 2-20 мм                                  |
| 3. Сополимеры стирола            | ГОСТ 12271-76<br>Марки: МСН, МСН-Л, ТУ 6-05-1580-85<br>Марки: САН-К, САН-ТП             | Порошок или гранулы с размерами частиц 2-20 мм                                  |
| 4. Полистирол вспенивающийся     | ОСТ 6-05-202-83<br>Марки: ПСВ, ПСВ-С, ПСВ-Б, ПСВ-С-ПМ, ПСВ-65С, ПСВ-ЛД                  | Бисер или отходы от тепло- и звукоизоляционных плит, упаковки телевизоров и др. |
| 5. Дибутилфталат (диоктилфталат) | ГОСТ 8728-87                                                                            | Прозрачная жидкость, плотность: 1,045-1,049 г/мл при 20 °С                      |
| 6. Хлорпласт-300                 | ТУ 6-01-18-1383-84                                                                      | Прозрачная маслянистая жидкость. Плотность: 1,19-1,30 г/мл при 20 °С            |
| 7. Ксилол каменноугольный        | ГОСТ 9949-86                                                                            | Прозрачная жидкость, плотность: 0,86-0,88 г/мл при 20°С                         |
| 8. Уайт-спирит                   | ГОСТ 3134-78                                                                            | Прозрачная жидкость, плотность: 0,790-0,795 г/мл при 20°С                       |
| 9. Бутилацетат                   | ГОСТ 8981-88                                                                            | Прозрачная жидкость, плотность: 0,880-0,881 г/мл при 20°С                       |

Продолжение таблицы 2.2

| 1                                              | 2                  | 3                                                                                              |
|------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10. Нефрас-С (заменитель уайт-спирита)         | ТУ 38-40125-82     | Прозрачная маслянистая жидкость, плотность: 0,775-0,780 г/мл при 20 °С                         |
| 11. Растворитель РС-2                          | ТУ 6-10-952-85     | Прозрачная жидкость, плотность: 0,820-0,830 г/мл при 20°С                                      |
| 12. Сольвент нефтяной                          | ГОСТ 10214-75      | Прозрачная жидкость, плотность: 0,865-0,888 г/мл при 20°С                                      |
| 13. Неорганические отходы водонасосных станций | ТУ 17-2071665-1-97 | Массовая доля воды не более 3 %. Остаток на сите с сеткой № 02 не более 5 %                    |
| 14. Доломит                                    | ТУ 21-216-85       | Массовая доля воды не более 2 %. Остаток на сите с сеткой № 02 не более 3 %                    |
| 15. Мел природный обогащенный                  | ГОСТ 12085-73      | Массовая доля воды не более 2 %. Остаток на сите с сеткой № 02 не более 3 %                    |
| 16. Диоксид титана марки Р-02                  | ГОСТ 9808-84       | Массовая доля летучих веществ не более 0,5 %. Укрывистость не более 40 г/м <sup>2</sup>        |
| 17. Оксидно-цинковый пигмент ОЦП               | ТУ 113-03-6-15-87  | Укрывистость не более 80 г/м <sup>2</sup>                                                      |
| 18. Охра марки О-2                             | ОСТ 6-1-431-80     | Массовая доля воды не более 0,5 %. Укрывистость не более 85 г/м <sup>2</sup>                   |
| 19. Пигмент желтый                             | ГОСТ 18172-80      | Массовая доля воды и летучих веществ не более 1,5 %. Укрывистость не более 20 г/м <sup>2</sup> |



Продолжение таблицы 2.2

| 1                                   | 2                     | 3                                                                                              |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 20. Пигмент красный желез-окисный   | ТУ 6-10-602-86        | Массовая доля воды и летучих веществ не более 0,5 %. Укрывистость не более 10 г/м <sup>2</sup> |
| 21. Сурик железный                  | ГОСТ 8866-86          | Массовая доля воды и летучих веществ не более 1,5 %. Укрывистость не более 35 г/м <sup>2</sup> |
| 22. Пигмент фталоцианиновый голубой | ГОСТ 6220-86          | Массовая доля воды не более 1,5 %. Укрывистость не более 80 г/м <sup>2</sup>                   |
| 23. Алифатические амины             | ТУ 6-02-795-87        | Массовая доля воды не более 1 %                                                                |
| 24. Превоцелл, ПАВ, аналог ОП-7     | Производство Германии | Технический паспорт                                                                            |

### 2.3.3. Характеристика растворителей

Основным показателем, отражающим реологические свойства фасадной краски, является вязкость. Вязкость концентрированных растворов полимеров в большой мере зависит от природы полимера и растворителя [10]. Влияние растворителя особенно сильно сказывается в случае растворов жесткоцепных полимеров (если вязкость двух растворителей отличается, например, в несколько раз, то вязкость растворов в этих растворителях при достаточно высоких концентрациях полимера будет отличаться на несколько порядков). С повышением температуры концентрационные кривые вязкости в разных растворителях

сближаются и при температуре выше температуры стеклования полимера вязкости растворов практически отличаются только на значение вязкости растворителя.

Летучесть является одним из важнейших свойств растворителей. От этого показателя зависят не только продолжительность высыхания краски, но и некоторые свойства покрытия. Высокая летучесть может привести к дефектам покрытия, а низкая летучесть способствует удерживанию большого количества растворителя, что сильно сказывается на эксплуатационных свойствах покрытия [10].

Наиболее важные этапы технологии изготовления фасадной краски – приготовление растворов пленкообразователей и диспергирование в них пигментов и наполнителей. Процесс диспергирования пигментов заключается не только в его измельчении, но и дезагрегации, смачивании частиц пигментов и равномерном их распределении в пленкообразователе. В идеальном случае поверхность пигмента должна преимущественно адсорбировать пленкообразователь, а не растворитель, т.е. взаимодействие пигмент – полимер должно превышать взаимодействие пигмент – растворитель и полимер – растворитель.

Для фасадной краски ПС можно использовать следующие растворители: ксилол (орто, мета или пара), сольвент, бутилацетат, РС-2. Растворитель РС-2 состоит из 30 % (массовых) ксилола и 70 % уайт-спирита. Уайт-спирит можно заменить нефрасом любой марки. Уайт-спирит или нефрас являются разбавите-

лями. В таблице 2.3 приведены основные показатели растворителей и разбавителей.

Таблица 2.3 – Характеристика растворителей и разбавителей

| Название       | Плотность при 20 °С,<br>г/мл | Пределы кипения при<br>давлении 101,3 кПа | ПДК, мг/м <sup>3</sup> |
|----------------|------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|
| 1. Ксилол      | 0,86-0,88                    | 137-141                                   | 50                     |
| 2. Уайт-спирит | 0,79-0,80                    | 165-200                                   | 300                    |
| 3. Бутилацетат | 0,88                         | 125-127                                   | 200                    |
| 4. Нефрас      | 0,78-0,80                    | 160-215                                   | 100                    |
| 5. Сольвент    | 0,86-0,88                    | 125-160                                   | 100                    |

ПДК – это предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, при которой у работающих при ежедневном вдыхании в пределах 8 часов в течение всего трудового стажа не должно происходить заболеваний или отклонений в состоянии здоровья.

Из трех изомеров ксилола наилучшей растворяющей способностью обладает орто-ксилол. В качестве растворителя краски ПС можно использовать следующие составы (проценты объемные):

1. Ксилол

2. Сольвент

3. Ксилол – 50 %

Уайт-спирит – 50 %

4. Ксилол – 50 %

Бутилацетат – 50 %

5. Ксилол – 30 %

РС-2 – 70 %

6. Бутилацетат – 50 %

РС-2 – 50 %

Более предпочтительными являются второй, третий, пятый составы, так как они более доступны и обладают высокой растворяющей способностью.

#### *2.3.4. Характеристика наполнителей и пигментов*

В качестве наполнителя вместо мела и доломита можно применять неорганические отходы (высушенные или прокаленные) станций обезжелезивания. Массовая доля воды в отходах не должна превышать 3 %. Семьдесят процентов пигментов (охра или сурика) также заменяются отходами при производстве красок красного, оранжевого и бордового цветов. Использование в качестве наполнителей и пигментов отходов станций обезжелезивания значительно повышает атмосферостойкость фасадной краски. Перед применением наполнителя необходимо просеять через сетку № 014 [35].

В состав краски ПС входят как неорганические, так и органические пигменты. Органические пигменты (голубой фталоцианиновый, желтый светопрочный) обладают по сравнению с неорганическими пигментами более высокой интенсивностью и яркостью оттенков, большей укрывистостью, но меньшей светостойкостью. Органические пигменты дороже неорганических. В со-

ставе белой фасадной краски применяется диоксид титана рутильной формы, оксидно-цинковый пигмент, цинковые белила. Диоксид титана – незаменимый пигмент белой фасадной краски, эксплуатируемой в любых условиях.

### *2.3.5. Характеристика пластификаторов и ПАВ*

Пластификаторы должны обладать следующими свойствами:

1. Незначительной летучестью даже при повышенной температуре.
2. Хорошо смешиваться с растворителем.
3. Хорошо растворять пленкообразующее вещество.
4. Бесцветность.
5. Нейтральность.
6. Способность смешиваться с пигментами.
7. Негорючесть.

Всеми перечисленными свойствами обладают пластификаторы: дибутилфталат и диоктилфталат. Оба вещества придают покрытиям эластичность, термостойкость. В таблице 2.4 приведены основные физико-химические свойства пластификаторов.

Для ускорения перетира в состав краски необходимо добавлять поверхностно-активные вещества (ПАВ). В качестве ПАВ можно применять: высшие алифатические амины, ОП-7, ОП-10 или их аналог «Превоцелл», использующийся на шелковых комбинатах. Предварительно необходимо приготовить

50 %-ный раствор ПАВ в растворителе [14]. Ниже приведены оптимальные составы краски ПС (проценты массовые).

Таблица 2.4 – Свойства пластификаторов

| Название пластификатора       | Температура кипения, °С | Плотность при 20 °С, г/мл | Температура вспышки в открытом тигле, °С |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------------------|
| Дибутилфталат<br>ГОСТ 8728-87 | 340                     | 1,045-1,049               | 168                                      |
| Диоктилфталат<br>ГОСТ 8728-87 | 231                     | 0,982-0,986               | 205                                      |

#### I Оранжевый цвет

- |                                                 |        |
|-------------------------------------------------|--------|
| 1. Полистирол любой марки (УПМ, пенополистирол) | 8 %    |
| 2. Растворитель                                 | 51 %   |
| 3. Высушенные отходы станций обезжелезивания    | 30,6 % |
| 4. Пластификатор                                | 1,2 %  |
| 5. ПАВ                                          | 0,2 %  |
| 6. Пигмент «охра»                               | 9 %    |

#### II Кирпичный цвет

- |                                               |        |
|-----------------------------------------------|--------|
| 1. Полистирол                                 | 8 %    |
| 2. Растворитель                               | 51 %   |
| 3. Прокаленные отходы станций обезжелезивания | 30,6 % |
| 4. Пластификатор                              | 1,2 %  |

5. ПАВ 0,2 %

6. Пигмент «сурик» 9 %

**III Голубой цвет**

1. Полистирол 8 %

2. Растворитель 52,1 %

3. Мел, доломит 33,2 %

4. ПАВ 0,2 %

6. Пигмент фталоцианиновый голубой 6,5 %

**IV Желтый цвет**

1. Полистирол 8 %

2. Растворитель 52 %

3. Мел 20 %

4. Оксидно-цинковый пигмент 7 %

5. Пигмент желтый светопрочный 11,6 %

6. Пластификатор 1,2 %

7. ПАВ 0,2 %

**V Белая краска**

1. Полистирол 8 %

2. Растворитель 52 %

3. Мел 17 %

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| 4. Диоксид титана рутильной формы | 21,6 % |
| 5. Пластификатор                  | 1,2 %  |
| 7. ПАВ                            | 0,2 %  |

Высококачественную краску светлых тонов можно приготовить, если вместо мела взять эквивалентное количество цинковых белил. Замена мела на цинковые белила несколько удорожает краску, но в то же время значительно улучшает ее декоративные свойства. В таблице 2.5 приведены более сложные по составу фасадные краски. При выборе цвета необходимо учитывать санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к окраске зданий [9]. Необходимо помнить, что

- желтый цвет стимулирует мозг, эффективен при умственном утомлении, ликвидирует апатию;
- оранжевый цвет создает ощущение благополучия, способствует лечению анемии;
- зеленый цвет уравнивает, успокаивает;
- голубой цвет оказывает болеутоляющее действие;
- синий цвет эффективен для снятия эмоционального возбуждения;
- фиолетовый цвет увеличивает выносливость организма;
- красный цвет возбуждает и раздражает.



### 2.3.6. Стадии технологического процесса

Технологический процесс включает следующие стадии:

1. Подготовка сырья
2. Приготовление 50 %-ного раствора ПАВ
3. Перетир пигментов и 50 %-ного раствора ПАВ в шаровой мельнице в течение 4 часов
4. Приготовление растворителя
5. Растворение пленкообразующего и получение лака
6. Перетир лака со смесью, полученной на стадии 3, в шаровой мельнице в течение 4 часов
7. Добавление пластификатора в шаровую мельницу и перемешивание краски в течение 20 минут
8. Постановка краски на тип
9. Очистка краски от примесей и фасовка в тару

Технологическая схема приготовления краски представлена на рис. 2.1.

Цифрами обозначены: 1, 2, 3 – шаровые мельницы; 4 – емкость для смешанного растворителя; 5 – жидкостный счетчик (мерник) для растворителя; 6 – смеситель (реактор) для получения лака; 7 – накопительная емкость для лака; 8 – емкость с пластификатором; 9 – мерник (жидкостный счетчик) для дибутилфталата; 10, 11, 12 – насосы; 13, 13', 14, 15 – жидкостные счетчики для лака; 16, 17, 18 – емкости для постановки краски на «тип».

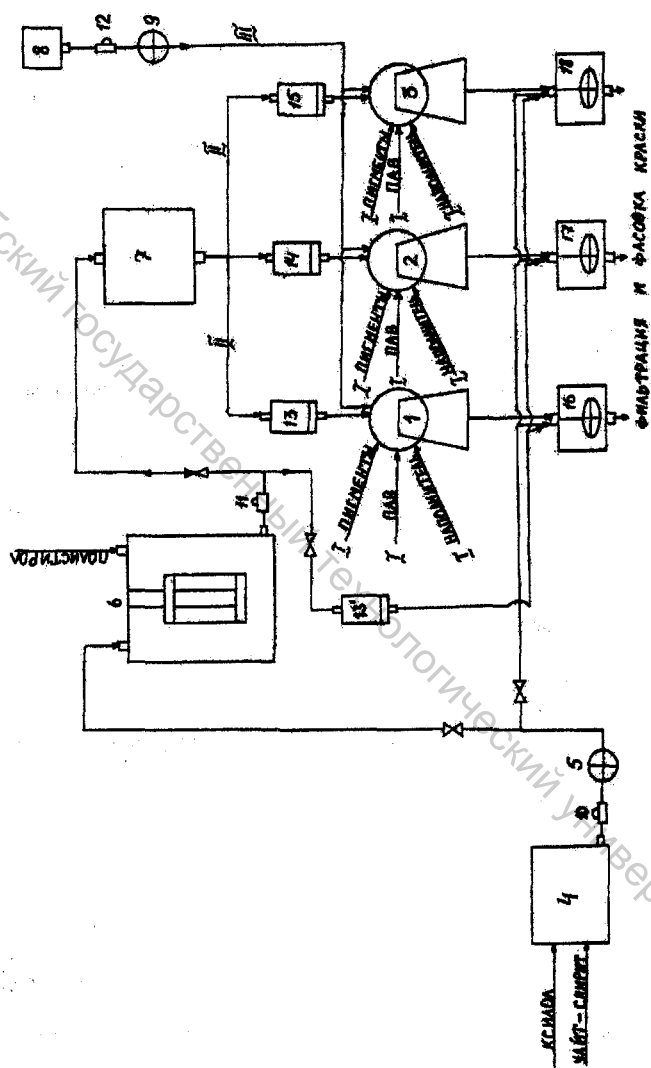


Рис. 2.1. Технологическая схема получения фасадной краски ПС.

Раствор поверхностно-активного вещества готовится следующим образом: в емкость загружают ПАВ и растворитель (сольвент) в соотношении 1:1 и перемешивают до полного растворения. Например, для приготовления 1 т готовой краски необходимо взять 2 кг ПАВ и 2,3 л сольвента. Недопустимо загружать в шаровую мельницу ПАВ в сухом виде, предварительно не смешав с растворителем. В этом случае сильно снижается эффективность действия поверхностно-активного вещества.

Диспергирование (перетир) пигментов и 50 %-ного раствора ПАВ в шаровой мельнице проводится в течение 4 часов. Число шаровых мельниц устанавливается по числу цветов. Шаровая мельница должна быть предназначена для мокрого помола. При эксплуатации мельницы необходимо руководствоваться паспортом. Мельница на  $\frac{1}{3}$  заполняется керамическими шарами (базальтовыми, диабазовыми, уралитовыми, фарфоровыми) – примерно 15 кг шаров для мельницы объемом 50 л и 30 кг шаров для мельницы объемом 100 л. Из оставшегося объема мельница заполняется компонентами на  $\frac{3}{4}$ , так как большее заполнение приводит к затруднению перетира. За один цикл можно приготовить 25 л или 29 кг краски в мельнице объемом 50 л и 58 кг или 50 л краски в шаровой мельнице объемом 100 л.

Таблица 2.5 — Рецептура фасадной краски ПС (проценты массовые)

| Наименование компонентов      | Светло-розовый | Кремовый | Желтый | Фиалковый | Зеленый | Желто-зеленый | Светло-голубой | Светло-синий | Светло-лиловатый | Серый | Оранжевый | Бежевый | Темно-бежевый | Белый |
|-------------------------------|----------------|----------|--------|-----------|---------|---------------|----------------|--------------|------------------|-------|-----------|---------|---------------|-------|
| Полистирол                    | 7,5            | 7,5      | 7,5    | 7,5       | 7,5     | 7,5           | 7,5            | 7,5          | 7,5              | 7,5   | 7,5       | 7,5     | 7,5           | 7,5   |
| Растворитель                  | 53,2           | 53       | 53     | 53        | 53      | 54            | 53             | 53           | 53               | 53    | 53        | 53      | 53            | 53    |
| Пластификатор                 | 1,2            | 1,2      | 1,2    | 1,2       | 1,2     | 1,2           | 1,2            | 1,2          | 1,2              | 1,2   | 1,2       | 1,2     | 1,2           | 1,2   |
| ПАВ                           | 0,1            | 0,1      | 0,1    | 0,1       | 0,1     | 0,1           | 0,1            | 0,1          | 0,1              | 0,1   | 0,1       | 0,1     | 0,1           | 0,1   |
| Мел                           | 24,0           | 14,4     | 29,7   | 30,9      | 29,7    | 30,0          | 30,4           | 29,7         | 27,4             | 18,0  | 26,6      | 22,6    | 21,1          | 29,7  |
| Двуокись титана               | 5,0            | 4,1      | —      | 6,2       | —       | 3,0           | 7,1            | 4,9          | 7,6              | 5,1   | 7,4       | 6,4     | 6,0           | 8,5   |
| Пигмент голубой фталоциановый | —              | —        | —      | 0,4       | —       | —             | 0,7            | 3,6          | 0,04             | —     | —         | —       | —             | —     |
| Охра                          | —              | —        | 8,5    | —         | —       | —             | —              | —            | —                | —     | 0,38      | —       | —             | —     |
| Пигмент желтый светлорочный   | —              | —        | —      | 0,7       | —       | —             | —              | —            | —                | —     | —         | —       | —             | —     |
| Охра сухая                    | 7,0            | 19,0     | —      | —         | —       | —             | —              | —            | 2,36             | 13,1  | —         | 8,25    | —             | —     |
| Сурик железный                | —              | —        | —      | —         | —       | —             | —              | —            | —                | —     | —         | 0,65    | —             | —     |
| Пигмент красный железокисный  | 2,0            | —        | —      | —         | —       | —             | —              | —            | —                | 0,6   | 3,3       | —       | 2,6           | —     |
| Пигмент желтый железокисный   | —              | —        | —      | —         | —       | 3,0           | —              | —            | —                | —     | —         | —       | 6,0           | —     |
| Пиролозит                     | —              | —        | —      | —         | —       | —             | —              | —            | 0,8              | 1,4   | —         | —       | 2,5           | —     |
| Окись хрома                   | —              | 0,7      | —      | —         | 8,5     | 1,2           | —              | —            | —                | —     | 0,52      | 0,3     | —             | —     |

Ниже приведены загрузочные рецептуры на 1 цикл для шаровых мельниц емкостью 50 л и 100 л согласно приведенным ранее составам.

Таблица 2.6 – Загрузочные рецептуры

| 1 состав                                      |                                 |                                 |
|-----------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Наименование<br>Компонента                    | Объем мельницы 50 л             | Объем мельницы 100 л            |
| 1                                             | 2                               | 3                               |
| 1. Высушенные отходы станций обезжелезивания  | 8,7 кг                          | 17,4 кг                         |
| 2. Охра                                       | 2,6 кг                          | 5,2 кг                          |
| 3. ПАВ                                        | 100 г ПАВ + 100 мл растворителя | 200 г ПАВ + 200 мл растворителя |
| 2 состав                                      |                                 |                                 |
| 1. Прокаленные отходы станций обезжелезивания | 8,7 кг                          | 17,4 кг                         |
| 2. Сурик                                      | 2,6 кг                          | 5,2 кг                          |
| 3. ПАВ                                        | 100 г ПАВ + 100 мл растворителя | 200 г ПАВ + 200 мл растворителя |
| 3 состав                                      |                                 |                                 |
| 1. Мел, доломит                               | 9,3 кг                          | 18,6 кг                         |
| 2. Пигмент фталоцианиновый голубой            | 1,9 кг                          | 3,8 кг                          |
| 3. ПАВ                                        | 100 г ПАВ в 100 мл растворителя | 200 г ПАВ в 200 мл растворителя |

| 4 состав                          |                                 |                                 |
|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1                                 | 2                               | 3                               |
| 1. Мел                            | 5,8 кг                          | 11,6 кг                         |
| 2. Оксидно-цинковый пигмент       | 2 кг                            | 4 кг                            |
| 3. Пигмент желтый светопрочный    | 3,5 кг                          | 7 кг                            |
| 4. ПАВ                            | 100 г ПАВ в 100 мл растворителя | 200 г ПАВ в 200 мл растворителя |
| 5 состав (белая краска)           |                                 |                                 |
| 1. Мел                            | 5 кг                            | 10 кг                           |
| 2. Диоксид титана рутильной формы | 6,3 кг                          | 12,6 кг                         |
| 3. ПАВ                            | 100 г ПАВ в 100 мл растворителя | 200 г ПАВ в 200 мл растворителя |

В качестве растворителя полистирола целесообразно использовать сольвент (каменноугольный или нефтяной). Каменноугольный сольвент обладает лучшей растворяющей способностью, так как он содержит до 75 % ароматических углеводородов. Можно применять смешанный растворитель, состоящий из 50 % ксилола и 50 % уайт-спирита (проценты объемные). Смешанный растворитель готовится в емкости 2-3 м<sup>3</sup>. Сначала в емкость заливается уайт-спирит, а затем ксилол. Принудительное перемешивание растворителей не обязательно. Температура в емкости должна быть в пределах 18-25 °С. Емкость должна быть герметичной.

Если необходимо получить краску для внутренних работ, то в качестве растворителя полистирола необходимо использовать смесь 50 % бутилацетата и 50 % РС-2. Этот смешанный растворитель мало токсичен.

Приготовление лака производится в смесителе, оборудованном рамной или якорной мешалкой с частотой вращения 30 мин<sup>-1</sup>. Объем смесителя 1-2 м<sup>3</sup>. Загрузка компонентов производится в следующей последовательности:

а) растворитель или смешанный растворитель закачивается в смеситель через счетчик насосом;

б) полистирол или пенополистирол загружается вручную при работающей мешалке; размер частиц полистирола не должен превышать 2 см, а отходов пенополистирола 15 см; температура в смесителе должна быть в пределах 18 - 40 °С.

Растворение полистирола протекает в течение 1,5-2 часов, а пенополистирол растворяется в течении 15-20 минут. Ниже приведены загрузочные рецептуры для смесителей объемом 1 м<sup>3</sup> и 2 м<sup>3</sup> для составов 1-5.

Таблица 2.7 - Загрузочные рецептуры для составов 1-5

| Наименование компонентов         | Смеситель объемом 1 м <sup>3</sup> ,<br>в расчете на 750 кг лака | Смеситель объемом 2 м <sup>3</sup> ,<br>в расчете на 1500 кг лака |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1. Полистирол или пенополистирол | 101 кг                                                           | 202 кг                                                            |
| 2. Растворитель                  | 780 л                                                            | 1500 л                                                            |

Содержимое смесителя перемешивается до полного растворения полистирола (при наливке на стекло отсутствие крупинок нерастворимого полимера). Плотность полученного лака: 0,93-0,94 г/мл при 20 °С. Лак можно хранить в смесителе или перекачать в накопительную емкость. Полученный лак подается из накопительной емкости самотеком или с помощью насоса через весовой мерник в шаровые мельницы, где осуществляется дальнейший перетир с наполнителем и пигментами в течение 3-5 часов. Ниже приведены загрузочные рецептуры для лака в составах 1-5.

Таблица 2.8 – Загрузочные рецептуры для лака

| Количество лака | Объем мельницы 50 л | Объем мельницы 100 л |
|-----------------|---------------------|----------------------|
|                 | 17,4 кг или 19 л    | 34,7 кг или 38 л     |

Через 1-2 часа производят отбор проб через сливной кран. Предварительно останавливают мельницу и спускают образовавшиеся пары растворителей, подсоединив шлангом «воздушку». Степень перетира должна быть не более 130 мк. Контроль проводят по прибору «Клин». При неудовлетворительном результате проверки перетир необходимо продолжать. После получения краски со степенью перетира не более 130 мк в каждую шаровую мельницу подается пластификатор из емкости 8 через жидкостной счетчик 9. В мельницу емкостью 50 л необходимо добавить 0,35 кг или 0,33 л дибутилфталата, а в мельницу емкостью 100 л: 0,70 кг или 0,66 л пластификатора. Затем мельницу пускают в ход и смесь перемешивают в течение 15-20 минут.



При постановке краски на «тип» определяется вязкость краски. Для определения вязкости применяется вискозиметр ВЗ-4. Для проведения измерений вискозиметр устанавливается вертикально, сопло диаметром  $4 \pm 0,2$  мм закрывается и в резервуар наливается краска объемом 100 мл при температуре  $18-22^{\circ}\text{C}$ . Затем открывается отверстие сопла и одновременно с появлением краски, стекающей в подставленную емкость, включают секундомер. Время в секундах, пошедшее на истечение краски из вискозиметра, является ее условной вязкостью. Вискозиметр ВЗ-4 предназначен для измерения условной вязкости от 10 до 150 секунд. Вязкость краски должна быть в пределах от 45 до 65 секунд. При нанесении кистью или валиком вязкость должна составлять 60-65 секунд. При пневматическом распылении: 45-60 секунд. Если краска получилась слишком густой, в нее добавляют растворитель в количестве не более 5 % от массы краски, т.е. 50-60 л растворителя на 1 т краски. После добавления растворителя краску перемешивают в течение 30 минут до получения однородного раствора и затем снова проверяют вязкость. Добавление большого количества растворителя снижает физико-механические и эксплуатационные свойства краски. Более технологично разбавлять краску лаком. В густую краску можно добавлять от 5 до 10 % лака, т.е. примерно 50-100 л лака на 1 т краски. После добавления лака краску необходимо перемешать в течении 30 минут. Необходимо помнить, что разбавить краску просто, а добавить в нее твердые компоненты, т.е. повысить вязкость – сложная, трудоемкая операция.

Очистку краски от примесей можно производить:

а) через многослойный фильтр из марли;

б) через сито с сеткой определенного номера (0,56- 0,60) в зависимости от вязкости краски.

Количество примесей может быть сравнительно невелико, однако примеси заметно ухудшают внешний вид покрытий. После очистки краску разливают в сухую, чистую, герметичную тару. Краска и лак могут храниться в герметичной таре без видимых изменений в течении года.

#### *2.3.7. Упрощенная технологическая схема получения фасадной краски*

Предлагаемая схема позволяет получать краску при минимальном количестве оборудования: необходима одна шаровая мельница и несколько емкостей по 30-50 л. За один цикл (одна рабочая смена) можно получить 25 л или 29 кг краски в мельнице емкостью 50 л и 50 л или 58 кг краски в мельнице емкостью 100 л. Необходимо в каждой мельнице получать краску определенного цвета. При наличии только одной мельницы желательно получить достаточное количество краски одного цвета, так как переход с одного цвета на другой в одной мельнице – трудоемкая операция, связанная с промывкой мельницы растворителем. Переход с одного цвета на другой необходимо делать в такой по-

следовательности: сначала получают белую краску, краски светлых тонов, затем темные краски (зеленого, красную, синюю).

На рис. 2.2 представлена упрощенная технологическая схема получения фасадной краски в одной шаровой мельнице. Цифрами обозначены: 1 – емкость для растворителя; 2 – насос; 3 – мерник (жидкостный счетчик) для растворителя; 4 – шаровая мельница.

Технологический процесс включает следующие стадии:

1. Подготовка сырья.
2. Приготовление 50%-ного раствора поверхностно-активного вещества.
3. Перетир пигментов, наполнителя и раствора ПАВ в шаровой мельнице в течении 5-6 часов.
4. Приготовления растворителя.
5. Добавление в шаровую мельницу полистирола и растворителя, перетир полученной смеси в течении 3-4 часов.
6. Добавление пластификатора и перемешивание краски в течении 15-20 минут.
7. Постановка краски на "тип".
8. Очистка краски от примесей и фасовка в тару.

Ниже приведены загрузочные рецепты (на 1 цикл) в шаровые мельницы емкостью 50 л и 100 л.

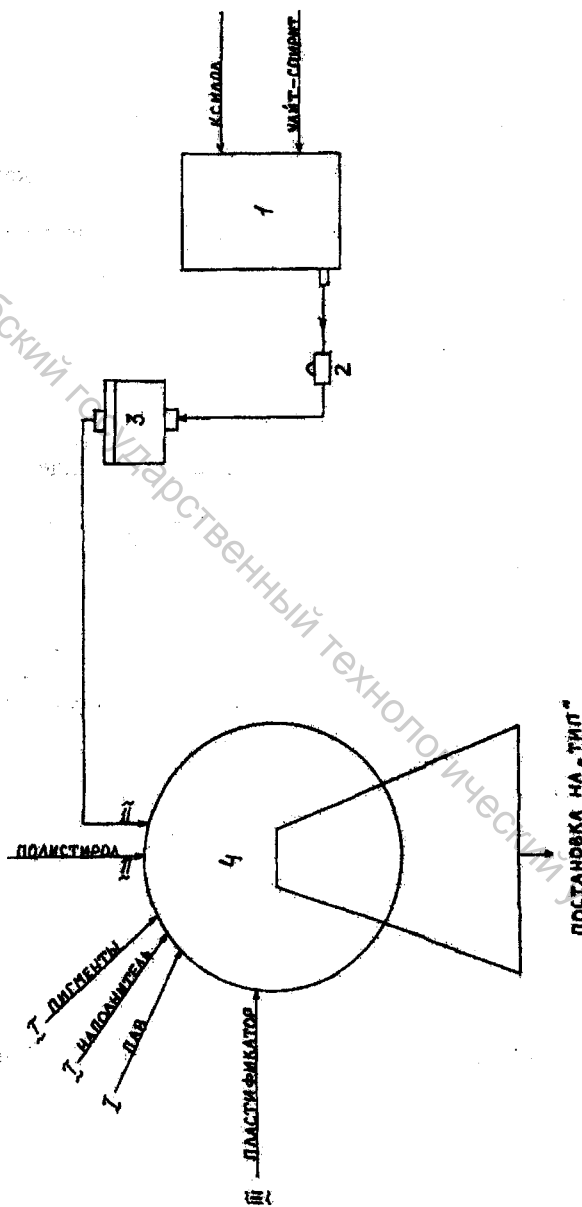


Рис. 2.2. Упрощенная технологическая схема получения фасадной краски ПС.

Таблица 2.9 – Загрузочные рецептуры

## 1 состав

| Наименование компонента                      | Объем мельницы                   | Объем мельницы 100 л             |
|----------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                                              | 50 л                             |                                  |
| 1                                            | 2                                | 3                                |
| 1. Полистирол или пенополистирол             | 2,3 кг                           | 4,6 кг                           |
| 2. Растворитель                              | 18 л                             | 36 л                             |
| 3. Высушенные отходы станций обезжелезивания | 8,7 кг                           | 17,4 кг                          |
| 4. Охра                                      | 2,6 кг                           | 5,2 кг                           |
| 5. Пластификатор                             | 0,33 л                           | 0,66 л                           |
| 6. ПАВ                                       | 100 г ПАВ + 100 мг рас-творителя | 200 г ПАВ + 200 мг рас-творителя |

## 2 состав

|                                               |                                  |                                  |
|-----------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1. Полистирол или пенополистирол              | 2,3 кг                           | 4,6 кг                           |
| 2. Растворитель                               | 18 л                             | 36 л                             |
| 3. Прокаленные отходы станций обезжелезивания | 8,7 кг                           | 17,4 кг                          |
| 4. Сурик                                      | 2,6 кг                           | 5,2 кг                           |
| 5. Пластификатор                              | 0,33 л                           | 0,66 л                           |
| 6. ПАВ                                        | 100 г ПАВ + 100 мг рас-творителя | 200 г ПАВ + 200 мг рас-творителя |

## 3 состав

|                                    |                                  |                                  |
|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1. Полистирол или пенополистирол   | 2,3 кг                           | 4,6 кг                           |
| 2. Растворитель                    | 18 л                             | 36 л                             |
| 3. Мел, доломит                    | 8,7 кг                           | 17,4 кг                          |
| 4. Пигмент фталоцианиновый голубой | 1,9 кг                           | 3,8 кг                           |
| 5. Пластификатор                   | 0,33 л                           | 0,66 л                           |
| 6. ПАВ                             | 100 г ПАВ + 100 мг рас-творителя | 200 г ПАВ + 200 мг рас-творителя |

| 4 состав                          |                                      |                                      |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1                                 | 2                                    | 3                                    |
| 1. Полистирол или пенополистирол  | 2,3 кг                               | 4,6 кг                               |
| 2. Растворитель                   | 18 л                                 | 36 л                                 |
| 3. Оксидно-цинковый пигмент       | 2 кг                                 | 4 кг                                 |
| 4. Пигмент желтый светопрочный    | 3,5 кг                               | 7 кг                                 |
| 5. Мел                            | 5,8 кг                               | 11,6 кг                              |
| 6. Пластификатор                  | 0,33 л                               | 0,66 л                               |
| 7. ПАВ                            | 100 г ПАВ + 100 мг рас-<br>творителя | 200 г ПАВ + 200 мг рас-<br>творителя |
| 5 состав (белая краска)           |                                      |                                      |
| 1. Полистирол или пенополистирол  | 2,3 кг                               | 4,6 кг                               |
| 2. Диоксид титана рутильной формы | 6,3 кг                               | 12,6 кг                              |
| 3. Мел                            | 5 кг                                 | 10 кг                                |
| 4. Пластификатор                  | 0,33 л                               | 0,66 л                               |
| 5. Растворитель                   | 18 л                                 | 36 л                                 |
| 6. ПАВ                            | 100 г ПАВ + 100 мг рас-<br>творителя | 200 г ПАВ + 200 мг рас-<br>творителя |

Расход электроэнергии для получения 1 т краски в среднем составляет 40-45 кВт-час. Производство фасадной краски является малоотходным. В таблице 2.10 приведены ежегодные нормы образования отходов производства.

Таблица 2.10 – Ежегодные нормы образования отходов

| Наименование отходов                                                    | Методы очистки                                                                           | Норма образования отходов, кг/т краски |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1. Выбросы в атмосферу от вентилиационной системы (смесь растворителей) | Выброс в атмосферу                                                                       | 2,0 – 2,2                              |
| 2. Жидкие отходы – остатки краски после выгрузки ее из оборудования     | Отходы вымываются растворителем, собираются в бочки и применяются для разбавления краски | 10                                     |
| 3. Пыль пигментов                                                       | Выброс в атмосферу                                                                       | 0,2                                    |

### 2.3.8. Технология нанесения фасадной краски

1. Краску наносят кистью, валиком, пневмораспылителем по старым прочнодержавшимся покрытиям, а также по кирпичным, бетонным, оштукатуренным и другим пористым поверхностям, а также по дереву при температуре 15-25°C и влажности воздуха 65-75%.
2. Краску можно использовать как для наружных, так и для внутренних работ.
3. Поверхности, подлежащие окраске, должны быть предварительно подготовлены: с помощью металлических щеток с поверхности должны быть удалены загрязнения, прилипшие и слабоудерживаемые частицы.
4. Расход краски при двухслойном нанесении: 350-400 г/м<sup>2</sup>. время высыхания краски при температуре 18-22°C и влажности воздуха 65±5% составляет 2-3 часа. Нанесение второго слоя следует производить не ранее, чем через 2 часа после нанесения первого слоя.
5. Краска должна храниться в сухой герметичной таре при соблюдении правил, установленных для огнеопасных материалов. Перед использованием краска должна тщательно перемешиваться. При загустевании краску следует разбавлять растворителем при непрерывном перемешивании. Растворителя можно добавлять не более 5% от объема краски.
6. Если после высыхания краска подвержена мелению (краска «берется»), то перед покраской на поверхность необходимо нанести слой лака той же



концентрации, что и для приготовления краски (8%), без добавления пластификатора, т.е. лак, полученный растворением полистирола в растворителе. Через 2 часа на поверхность наносится краска в два слоя с межслойной сушкой в течение 2-3 часов. Как правило, меление происходит на пористых материалах в результате взаимодействия пленкообразующего с поверхностью и одновременным выходом пигмента на поверхность.

7. При хранении допускается расслаивание (отслаивание) краски. Перед использованием краску необходимо перемешать. Не допускается образование плотного осадка при хранении краски. Образование осадка свидетельствует о недостаточном времени перетира в шаровой мельнице (менее 5-7 часов).

8. Гарантийный срок хранения краски 12 месяцев со дня изготовления.

### *2.3.9. Пожароопасность и токсичность компонентов фасадной краски*

Производство фасадной краски связано с применением огнеопасных токсичных веществ. По категории взрывоопасности производства согласно СНиП - 90,91 все участки по изготовлению фасадной краски ПС относятся к классу «Б», а по санитарной характеристике относятся к классу 3Б..

Из всех компонентов краски наибольшую опасность представляют органические растворители. Все производства, связанные с применением органических

ских растворителей, делятся по степени пожарной опасности на категории А и Б. К категории А относятся производства, применяющие растворители с температурой вспышки ниже 28°C, а к категории Б – производства использующие растворители с температурой вспышки от 28 до 120 °С, температура вспышки – это наименьшая температура вещества, при которой над его поверхностью образуются пары и газы, которые способны вспыхивать в воздухе от источника зажигания. В таблице 2.11 приведены основные характеристики применяемых растворителей по пожароопасности и токсичности.

Таблица 2.11 – Характеристика растворителей

| Растворитель | ПДК, мг/м <sup>3</sup> | Класс опасности | Температура вспышки, °С |
|--------------|------------------------|-----------------|-------------------------|
| Ксилол       | 50                     | 3               | +27,1                   |
| Уайт-спирит  | 300                    | 4               | +33-36                  |
| Нефрас       | 100                    | 3               | +31                     |
| Бутилацетат  | 200                    | 4               | +29,2                   |
| Сольвент     | 160                    | 4               | +20-25                  |

Из таблицы следует, что по пожароопасности растворители относятся к категории Б. Основной величиной, характеризующих степень вредности химических соединений, является предельно допустимая концентрация (ПДК), которая означает, что при длительном воздействии веществ в такой концентрации не будет происходить заболевание человека.

Производство краски ПС является пожаро-взрывоопасным. Пожар может произойти при образовании взрывоопасных концентраций паров в воздухе при следующих условиях:

- разлив растворителя или лака;
- неисправность приточно-вытяжной вентиляции;
- осмотре, ремонте, чистке оборудования и коммуникаций с нарушением техники безопасности;
- несвоевременный спуск паров растворителей из шаровой мельницы;
- работа с инструментом, способным давать искру при ударе;
- применение открытого огня;
- накопление зарядов статического электричества;
- несоблюдение температурного режима.

В таблице 2.12 приведены пожаро-взрывоопасные и токсичные свойства сырья.

Основные правила техники безопасности при производстве фасадной краски:

1. Безопасное ведение процесса соблюдением данного технологического регламента, инструкций по рабочим местам, по технике безопасности и прот и-пожарным мероприятиям при эксплуатации пожаро-взрывоопасных производств.
2. Знания рабочих по вопросам техники безопасности и пожарной безопасности на данном рабочем месте должны проверяться комиссией.
3. Разрешается применять только сырье, которое оговорено в регламенте.

4. Необходимо обеспечить надежную герметизацию всего технологического оборудования, исключаящую выделение паров в рабочую зону во избежание создания концентрации паров выше ПДК.

5. Запрещается работа при отключенной приточно-вытяжной вентиляционной установке.

6. Допускается применение только искробезопасного инструмента.

7. Запрещается вести работы, связанные с применением открытого огня в помещении, где получают краску.

8. Для внутреннего освещения технологических аппаратов должны применять переносные светильники во взрывозащищенном исполнении не более 12 В, защищенные металлической сеткой.

9. На воздушках технологических аппаратов, в которых находятся взрывоопасные вещества, должны быть установлены огнепреградители.

10. Необходимо своевременно спускать пары растворителей из шаровой мельницы.

11. Нельзя допускать нагрева корпуса мельницы выше 50°C, которое может произойти в результате длительного диспергирования пасты в шаровой мельнице. Необходимо остановить мельницу на охлаждение, через воздушку выпустить пары растворителя, после чего открыть люк мельницы.

12. Запрещается курить в помещении, где получают краску.

13. Полы в производственных помещениях следует ежедневно убирать

влажным, не допускающим пыления способом.

14. Для сбора промасленного, обтирочного материала должны быть установлены специальные железные ящики с крышками.

15. Мероприятия по защите от статического электричества. При производстве краски создаются условия, при которых при протекании непроводящих жидкостей по трубопроводам, а также в процессе смешивания жидкостей, при подаче сухих пигментов могут образовываться заряды опасных потенциалов. В результате создаются условия, при которых могут возникать искровые разряды, способные привести к пожарам. В целях снижения величины заряда, переносимого потоком жидкости при транспортировке, скорость движения жидкости не должна превышать 1,2-1,5 м/с. Резиновые шланги с металлическими наконечниками, используемые для налива ЛВЖ, должны быть заземлены снаружи при помощи оплетки с шагом витка не более 10 см с припайкой одного конца ее к металлической части трубопровода, а другого – к наконечнику шланга. Наконечники шлангов должны быть изготовлены из металлов (бронза, алюминий), не дающих искры при ударе. Отбор проб во время заполнения ЛВЖ запрещается.

16. Рабочие должны быть обеспечены спецодеждой и рукавицами. Руки следует защищать резиновыми перчатками. При работе с пигментами, наполнителями необходимо пользоваться противопылевыми респираторами, защитными очками.

Таблица 2.12 – Пожаро-взрывоопасные и токсичные свойства сырья

| Наименование сырья     | Температура, С |   |           |         | Область воспламенения |                | Характеристика токсичности                                                                         | ПДК, мг/м <sup>3</sup> |
|------------------------|----------------|---|-----------|---------|-----------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
|                        | вспышки        | 2 | 3         | 4       | нижний предел         | верхний предел |                                                                                                    |                        |
| 1                      |                | 2 | 3         | 4       | 5                     | 6              | 7                                                                                                  | 8                      |
| 1. Полистирол          |                |   | 285-345   | 375-490 |                       |                | Пожаро-взрывоопасное и нетоксичное вещество. Пыль раздражает дыхательные пути. Класс опасности – 3 | 8,5                    |
| 2. Уайт-спирит         | 33-36          |   | 270       |         | 1,4                   | 6,0            | Наркотик. При попадании на кожу вызывает сухость. Класс опасности – 4                              | 300                    |
| 3. Ксаял               | 27,1 (29)      |   | 230       | 590     | K4                    | 6,2            | При попадании на кожу оказывает раздражающее действие. Класс опасности – 3                         | 50                     |
| 4. Алифатические амины | 200            |   |           | 240     |                       |                | Вызывает поражение слизистой оболочки глаз и дыхательных путей. Класс опасности – 2.               | 1                      |
| 5. Дибутилфталат       | 168            |   | 202       | 390     | 0,1                   | 1,62           | Класс опасности – 2                                                                                | 1                      |
| 6. Мел молотый         |                |   |           |         |                       |                | Нетоксичный продукт                                                                                | 10                     |
| 7. Белила цинковые     | пожаро-взрыво  |   | безопасен |         |                       |                | при высоких концентрациях вызывает заболевание тина катары дыхательных путей.                      | 10                     |

|                                      |               |           |      |  |  |  |                                                                             |    |  |
|--------------------------------------|---------------|-----------|------|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------|----|--|
|                                      |               |           |      |  |  |  | Класс опасности – 3                                                         |    |  |
| 8. Двухосев титана                   | пожаро-взрыво | безопасен |      |  |  |  | Пыль вызывает раздражение верхних дыхательных путей.<br>Класс опасности – 4 | 10 |  |
| 9. Охра                              | пожаро-взрыво | безопасен |      |  |  |  | Пыль вызывает раздражение верхних дыхательных путей.<br>Класс опасности – 4 | 10 |  |
| 10. Пигмент голубой, фталоцианиновый | 970           |           | 10.4 |  |  |  | Слабовыраженное раздражающее действие на кожу.                              | 6  |  |
| 11. Пигмент желтый железно-окисный   |               |           |      |  |  |  | Раздражает слизистые оболочки глаз.<br>Класс опасности – 4                  | 10 |  |
| 12. Сурик железный                   |               |           |      |  |  |  | Не является токсичным продуктом.                                            | 6  |  |

17. Запрещается мыть руки и стирать спецодежду ЛВЖ, мыть полы растворителями, сбрасывать растворители в канализацию.

18. Для тушения пожара используют песок, асбестовую ткань, пенные огнетушители марки ОП- 5, углекислотные огнетушители марок ОУ-2 и ОУ-5.

Таблица 2.13 – Аварийные состояния производства и способы их устранения

| Вид аварийного состояния производства                                          | Действие персонала по устранению аварийного состояния                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                              | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1. Вспышка или загорание в цеху                                                | <p>Останавливают производство и приступают к ликвидации загорания, известив пожарную охрану.</p> <p>Необходимо:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Прекратить подачу сырья, а также перекачку и слив краски.</li> <li>2. Выключить приточно-вытяжную вентиляцию и все оборудование.</li> <li>3. Приступить к ликвидации загорания имеющимися средствами: песок, огнетушители.</li> </ol> |
| 2. Разлив легковоспламеняющихся жидкостей на площади более 10 м <sup>2</sup> . | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Работу в цеху прекращают.</li> <li>2. Отключают все оборудование.</li> <li>3. Отключают работающие электродвигатели (кроме вентиляционных).</li> <li>4. Открывают двери и окна.</li> <li>5. Людей выводят из помещения.</li> </ol>                                                                                                                        |
| 3. Прекращение подачи электроэнергии.                                          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Прекратить загрузку сырья и разлив готовой продукции.</li> <li>2. Отключить все оборудование.</li> <li>3. Открыть вентили на воздушках.</li> <li>4. Открыть окна, двери для дополнительного проветривания.</li> <li>5. По получении сообщения о возможности начать работу, приступить к последовательному включению всего оборудования.</li> </ol>        |



| 1                         | 2                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. Отключение вентиляции. | 1. Приостановить производство, плотно закрыть крышки на баках, смесителях, емкостях, где хранятся растворители.<br>2. Всех работающих вывести из помещения, принять меры к восстановлению вентиляции.<br>3. Для проветривания помещения открыть окна и двери. |

### 2.3.10. Фасадная краска на основе акриловых полимеров

На кафедре химии УО «ВГТУ» разработан технологический регламент и технические условия получения фасадной краски на основе акриловых полимеров («Факрил») с использованием неорганических отходов станция обезжелезивания [18, 33].

Краска «Факрил» представляет собой суспензию пигмента (шлама водонасосных станций) и наполнителя в растворе сополимера акрилонитрила и винилхлорида с добавкой пластификатора. Плотность краски: 1,10-1,25 г/см<sup>3</sup>; плотность сухой пленки: 1,14-1,30 г/см<sup>3</sup>. Одновременный выпуск краски «Факрил» и краски на основе полистирола не допускается ввиду их несовместимости. Краска должна соответствовать технологическим нормам, приведенным в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Технологические нормы краски «Факрил»

| Наименование показателя                                                                                | Норма                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Цвет и внешний вид пленки                                                                           | После высыхания краска должна образовывать ровную, однородную глубокоматовую пленку. Цвет пленки должен быть в пределах допускаемых отклонений утвержденных образцов цвета. |
| 2. Массовая доля нелетучих веществ                                                                     | 45 - 53 %                                                                                                                                                                   |
| 3. Условная вязкость по вискозиметру типа ВЗ - 246 при температуре $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$        | 50 - 100 с                                                                                                                                                                  |
| 4. Степень перетира, не более                                                                          | 140 мкм                                                                                                                                                                     |
| 5. Время высыхания до степени 3 при температуре $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , не более                  | 3 часов                                                                                                                                                                     |
| 6. Укрывистость высушенной пленки, не более                                                            | 140 г/м <sup>2</sup>                                                                                                                                                        |
| для белой краски                                                                                       |                                                                                                                                                                             |
| для цветной краски                                                                                     | 110 г/м <sup>2</sup>                                                                                                                                                        |
| 7. Стойкость пленки к статическому действию воды при температуре $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , не менее | 8 часов                                                                                                                                                                     |

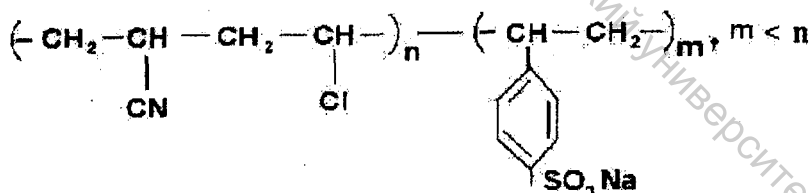
Вместе с тем некоторые пигменты нельзя применять в составе краски «Факрил», так как они вызывают свертывание краски. Такими пигментами являются охра всех марок и пигмент дисперсный алый «3». Вместо охры необходимо использовать отходы водонасосных станций. В таблице 2.15 приведена характеристика исходного сырья.

| Наименование сырья                                                                   | ГОСТ, ОСТ, ТУ         | Показатели, обязательные для проверки                           | Регламентируемые показатели                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Сополимер акрилонитрила и винилхлорида (целевой продукт или отходы НПО "Полимир") | ТУ 6-13-020-3492-7-89 | а) Внешний вид<br>б) Степень дисперсности<br>в) Содержание воды | Белый порошок<br>0,4-0,8 мм<br>не более 2%                                     |
| 2. Дибутилфталат                                                                     | ГОСТ 8728-77          | а) Внешний вид<br>б) Плотность при температуре 20±2°C           | Прозрачная жидкость без механических примесей<br>1,045-1,049 г/см <sup>3</sup> |
| 3. Диоктилфталат                                                                     | ГОСТ 8728-77Е         | а) Внешний вид<br>б) Плотность при температуре 20±2°C           | Прозрачная жидкость без механических примесей<br>0,982-0,986 г/см <sup>3</sup> |
| 4. Диметиформамид                                                                    | ГОСТ 20289-74         | а) Внешний вид<br>б) Плотность при температуре 20±2°C           | Прозрачная жидкость без механических примесей<br>0,945 г/см <sup>3</sup>       |
| 5. Ацетон технический                                                                | ГОСТ 2768-79          | а) Внешний вид<br>б) Плотность при температуре 20±2°C           | Прозрачная жидкость без механических примесей<br>0,790-0,792 г/см <sup>3</sup> |
| 6. Бутилацетат                                                                       | ГОСТ 8981-78          | а) Внешний вид<br>б) Плотность при температуре 20±2°C           | Прозрачная жидкость без механических примесей<br>0,880 г/см <sup>3</sup>       |
| 7. Растворитель Р-12                                                                 | ГОСТ 7827-74          | а) Внешний вид<br>б) Плотность при температуре 0±2°C            | Прозрачная жидкость без механических примесей 0,871-0,873 г/см <sup>3</sup>    |

### 2.3.11. Характеристика пленкообразующего вещества

От типа пленкообразующего вещества зависят основные свойства краски: атмосферостойкость, водостойкость, химстойкость. В качестве пленкообразующих веществ в настоящее время применяется алкидные, мочевиноформальдегидные, эпоксидные смолы, сополимеры винилхлорида. В основном используются линейные полимеры или полимеры с небольшим разветвлением. Пленкообразующие вещества должны обладать хорошей растворимостью в органических растворителях, совместимостью с пластификаторами, наполнителями, способностью к образованию покрытий с заданными защитными и декоративными свойствами.

В составе краски «Факрил» в качестве пленкообразователя используется сополимер акрилонитрила, винилхлорида и парастиролсульфанага натрия (ТУ 6-13-020-3492-7-89). Состав сополимера определен методом газожидкостной хроматографии и выражается формулой:



В массовых процентах состав сополимера следующий: акрилонитрил – 47,80 %, винилхлорид – 51,43 %, парастиролсульфанат натрия – 0,77 %. Сред-

ная мольная масса сополимера определена вискозиметрическим методом и составляет 300000 г/моль. По внешнему виду сополимер – белый порошок со степенью дисперсности 0,4-0,8 мм. Известно, что сополимер обладает лучшими физико-механическими свойствами по сравнению с полимерами [4].

В лакокрасочной промышленности в качестве пленкообразующих веществ широко применяются сополимеры акрилонитрила и винилхлорида. Например, смола БМК-5 (сополимер бутилметакрилата с метакриловой кислотой), смола СВМ-31 (сополимер винилбутатилового эфира с метилметакрилатом), сополимер А-15 (продукт совместной полимеризации винилхлорида с винилацетатом), сополимер винилхлорида с винилиденхлоридом, винилтолуолакриловый сополимер [7]. В литературе нет сведений о применении в качестве пленкообразующего вещества сополимера акрилонитрила и винилхлорида, т.е. краска «Факрил» на основе этого сополимера не имеет аналогов. Винилхлорид придает сополимеру химстойкость, гидрофобность, негорючесть; акриловая составляющая придает свето- и атмосферостойкость, хорошую адгезию. Сополимер содержит мало групп, совместимых с водой, – это обеспечивает гидрофобность и морозостойкость покрытий. В состав сополимера входит поверхностно-активное вещество (парастиролсульфат натрия), это способствует лучшему перетиру при производстве краски. Покрытия на основе сополимера акрилонитрила и винилхлорида обладают высокими физико-механическими и физико-химическими свойствами.

### 2.3.12. Характеристика наполнителей и пигментов

Наполнители – неорганические вещества со слабой укрывистостью, добавляемые к пигментам для их удешевления, а также для придания покрытиям термостойкости, матовости. В качестве наполнителей в производстве фасадных красок применяются барит (тяжелый шпат), кальцит (отличается от мела более крупными кристаллами), мел сепарированный, доломит. Можно применять микроизмельченные наполнители: микробарит, микрокальцит, микродоломит. Это способствует сокращению продолжительности технологического цикла, повышению качества красок, а также улучшению декоративных свойств покрытий.

Укрывистость краски в основном зависит от степени ее измельчения (дисперсности) и от качества пигмента. Пигменты придают краскам цвет, укрывистость, а покрытиям – твердость, свето- и водостойкость, термостойкость, устойчивость к атмосферным воздействиям и химическим реагентам. В фасадных красках в основном используются неорганические пигменты. Органические пигменты применяются в меньшей степени, так как они обладают по сравнению с неорганическими пигментами более высокой интенсивностью и яркостью оттенков, но меньшей укрывистостью и устойчивостью к свету и температуре. Из синтетических органических пигментов в фасадных красках находят применение: азо- и диазопигменты (пигмент алый), желтый и светостойкий, фталоцианиновые голубой и зеленый, антрахиноновые пигменты. В таблице 2.16 приведены качественные показатели неорганических пигментов.

Таблица 2.16 – Качественные показатели пигментов

| Наименование пигмента               | Красящая способность, %, не менее | pH водной вытяжки | Укрывистость г/см <sup>2</sup> , не более | Остаток после мокрого просеивания |     |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|-----|
|                                     |                                   |                   |                                           | Номер сетки                       | %   |
| Крон КЛ-2                           | 140                               | 4-8               | 60                                        | 0063                              | 0,3 |
| Крон КЖ-2                           | 180                               | 4-8               | 45                                        | 0063                              | 0,1 |
| Мумия                               | 100                               | 6,5-7,5           | 25                                        | 0063                              | 0,3 |
| Пигмент красный железистый, марка М | 120                               | 6-7               | 17                                        | 0063                              | 0,5 |
| Марка КМ                            | 120                               | 6-7               | 17                                        | 0063                              | 0,1 |

Для уменьшения стоимости и повышения атмосферостойкости фасадной краски целесообразно использовать в качестве наполнителей и пигментов не-прокаленные или прокаленные неорганические отходы станций обезжелезивания [19].

### 2.3.13. Характеристика растворителей

По растворяющей способности растворители делятся на активные, которые хорошо растворяют пленкообразователи, и разбавители, растворяющие только в смеси с активными растворителями. Содержание разбавителей в смеси может достигать до 80% [10]. Соотношение между растворителем и разбавителем выбирается таким, чтобы обеспечить получение стабильного раствора, требуемую вязкость и скорость испарения. Для оценки стабильности системы рас-

творитель-разбавитель определяют число разбавления титрованием раствора полимера разбавителем до достижения критической точки (помутнение раствора). Число разбавления равно отношению содержания разбавителя к содержанию растворителя:

$$K = \frac{\text{количество разбавителя}}{\text{количество растворителя}}$$

Избыток разбавителя вызывает выпадение пленкообразующего в осадок.

Для сополимера акрилонитрила и винилхлорида основным растворителем является диметилформамид (ДМФА), а разбавителями – ацетон, бутилацетат и смешанный растворитель Р-12. Величина К определялась с помощью титрования раствора и оказалась равной  $1,5 \pm 0,1$ . При подборе смеси растворителей и разбавителей необходимо, чтобы разбавитель испарялся быстрее, чем растворитель, так как если пленкообразующее окажется в среде, которая его не растворяет, оно выпадет в осадок, что приведет к побелению покрытия. Поэтому растворитель должен кипеть при более высокой температуре, чем разбавитель. Наименее летучий растворитель, дольше других остающийся в пленке, должен испаряться медленнее, чем вода, иначе при более быстром испарении поверхность пленки будет охлаждаться и ее температура может понизиться ниже температуры точки росы. Пары воды из окружающего пространства будут конденсироваться на поверхности, смешиваться с пленкообразующим и вызывать его выпадение из раствора. Это может привести к побелению пленки.



Диметилформамид, применяемый как активный растворитель краски «Факрил», отвечает перечисленным требованиям, а также общим требованиям, предъявляемым к растворителям:

- 1) полное растворение всех компонентов краски;
- 2) химическая устойчивость при хранении;
- 3) бесцветность;
- 4) отсутствие воды;
- 5) нейтральность реакции.

В качестве разбавителей краски «Факрил» использовались ацетон, бутилацетат и смешанный растворитель Р-12, состоящий из 30 % (масс.) бутилацетата, 10 % ксилола, 60 % толуола. Разбавители необходимы для снижения вязкости красок, повышения предельно допустимой концентрации (ПДК), уменьшения летучести красок.

В таблице 2.17 приведены основные физико-химические характеристики растворителя и разбавителей для фасадной краски «Факрил».

Таблица 2.17 – Характеристика растворителя и разбавителей фасадной краски «Факрил»

| Наименование       | Плотность<br>при 20°С,<br>г/мл | Температура<br>кипения, °С | Растворимость<br>в воде при<br>20°С, % | Температура<br>вспышки, °С |
|--------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
| Диметилформамид    | 0,945                          | 153                        | Растворим                              | 59,0                       |
| Ацетон технический | 0,792                          | 56                         | Растворим                              | -18,0                      |
| Бутилацетат        | 0,880                          | 126                        | 0,7                                    | 29,2                       |
| Ксилол             | 0,863                          | 138                        | Не растворим                           | 27,1                       |
| Толуол             | 0,865                          | 110                        | 0,5                                    | 4,4                        |

Применение ацетона в качестве разбавителя оправдано тем, что он обладает сродством к сополимеру и применяется для растворения сополимеров винилхлорида, полиакрилатов. Достоинством ацетона является его сравнительно малая токсичность. Толуол применяется в качестве основной добавки в смешанных растворителях для растворения виниловых и акриловых полимеров. Добавка бутилацетата предотвращает побеление лаковых пленок. В состав растворителя и разбавителей для фасадной краски «Факрил» не входит вода, поэтому покрытия на основе этой краски являются морозостойкими.

#### 2.3.14. Характеристика поверхностно-активных веществ

Для ускорения и облегчения перетира в краску добавляют поверхностно-активные вещества, которые улучшают смачивание твердой поверхности жидкостью, облегчают проникновение связующего в агрегаты пигментов, способствуют разрушению агрегатов при перетире, а также вытеснению воздуха из пор пигмента. Поверхностно-активные вещества, окружая частицы пигмента в процессе перетира, мешают им вновь соединиться во время изготовления и хранения краски. В качестве поверхностно-активных веществ часто применяют мыльные алифатические амины, соли жирных кислот, лецитин, полиамиды.

Сополимер акрилонитрила и винилхлорида содержит в своем составе поверхностно-активное вещество: парастиролсульфат натрия (0,5-1%). Это ПАВ является хорошим структурообразователем и диспергатором. Обычно в состав фасадной краски добавляют 0,1-1% ПАВ, поэтому нет необходимости в краску «Факрил» дополнительно вводить поверхностно-активное вещество. Тем более, что любое ПАВ является сильно гигроскопичным и поглощает из воздуха при хранении до 20 % воды. Это может привести к свертыванию краски, поскольку вода резко ухудшает физико-химические свойства краски, являясь катализатором полимеризации акрилонитрила и винилхлорида.

Парастиролсульфат натрия в свободном состоянии относится к полиэлектролитам. Большинство полиэлектролитов относятся к ПАВ. В главе 3 описаны физико-химические свойства парастиролсульфата натрия, как пред-

ставителя полиэлектrolитов. Исследование физико-химических свойств полистиролсульфанатов дает возможность выбрать оптимальную формулу полиэлектrolита, применяющегося в качестве поверхностно-активного вещества в составе фасадной краски.

### *2.3.15. Разработка состава и технологии получения фасадной краски «Факрил»*

Разработаны оптимальные составы краски «Факрил» для различных пигментов и наполнителей. Содержание полимера в фасадных красках для бетонных или оштукатуренных поверхностей может изменяться в широких пределах. Оптимальными по составу красками следует считать те, которые содержат минимальное, но достаточное количество полимера, обеспечивающее атмосферостойкость покрытия не менее 10 лет. В результате проведенных исследований установлено, что оптимальное количество сополимера составляет 8-10 масс.%. В этом случае получаются матовые или полуматовые покрытия. Если содержание полимера достигает 14-15 %, получаются глянцевые покрытия, что отрицательно сказывается на декоративных свойствах краски.

С точки зрения физико-химических свойств оптимальное содержание пигмента составляет 6-15 % от массы краски. Пигменты, содержащиеся в оптимальных пределах, не только повышают укрывистость, но также прочность, во-

дозащитные свойства, атмосферостойкость. Содержание пигмента менее 4 % недостаточно для получения требуемой укрывистости. Увеличение содержания пигмента более 15 %, несмотря на пропорциональное уменьшение содержания наполнителя, приводит к постепенному ухудшению прочностных, деформационных и защитных свойств покрытия. Каждый пигмент оказывает специфическое воздействие на свойства покрытий. Например, с диоксидом титана рутильной формы структура получаемых покрытий более плотная, покрытия имеют большую прочность и менее водопроницаемы. Покрытия с красным и желтым железокислым пигментами имеют меньшую прочность, поэтому их целесообразно заменить непрокаленными или прокаленными неорганическими отходами станций обезжелезивания. По качественным показателям, особенно по атмосферостойкости, отходы превосходят большинство неорганических и органических пигментов.

Содержание водорастворимых солей в пигментах должно быть минимальным, так как под действием воды соли вымываются. Наилучшая укрывистость достигается при применении пигментов с размерами частиц 6-10 мк. После длительной эксплуатации пигментированных покрытий в атмосферных условиях на них часто появляется беловатый налет (меление покрытий). Этот налет – следствие разрушения покрытия под действием солнечных лучей. Некоторые пигменты ускоряют меление, особенно сильно этот процесс происходит в покрытиях, изготовленных с применением диоксида титана анатазной моди-

фикации, в то время как диоксид титана рутильной модификации дает атмосферостойкое покрытие.

Установлено, что сополимер обладает пластическими свойствами. Поэтому в состав краски вводится минимальное количество пластификатора: 1-1,2 %. В качестве пластификатора можно использовать дибутилфталат или диоктилфталат.

В таблице 2.18 приведен состав фасадной краски «Факрил».

Таблица 2.18 – Состав фасадной краски «Факрил»

| Наименование компонентов                                            | Массовая доля, % |                |
|---------------------------------------------------------------------|------------------|----------------|
|                                                                     | белая краска     | цветная краска |
| 1 Сополимер акрилонитрила и винилхлорида                            | 8                | 8              |
| 2. Растворитель                                                     | 50               | 50             |
| 3. Дибутилфталат                                                    | 3                | 3              |
| 4. Двуокись титана или цинковые белила или оксидно-цинковый пигмент | 20               | –              |
| 5. Мел                                                              | 19               | –              |
| 6. Доломит или отходы водонасосных станций                          | –                | 31             |
| 7. Пигмент (отходы водонасосных станций)                            | –                | 8              |

В качестве растворителя можно использовать два равноценных состава.

1 состав. Смесь, состоящая из 40 % диметилформамида, 30 % Р-12 (проценты массовые). Средняя плотность смешанного растворителя:  $0,876 \text{ г/см}^3$  при  $20^\circ\text{C}$ . В расчете на 1 т краски необходимо взять

500 кг или 570 л смешанного растворителя, в том числе:

ДМФА (диметилформамид) – 210 л

Ацетон – 87 л

Р-12 – 173 л

2 состав. Смесь, состоящая из 50 % ДМФА и 50 % бутилфталата. Средняя плотность смешанного растворителя 0,912 г/см<sup>3</sup> при 20 °С.

ДМФА – 265 л

Бутилацетат – 281 л

В расчете на 1 т краски растворителя необходимо готовить на 10-15 % больше, так как он необходим для разбавления краски и промывки оборудования. В качестве пластификатора можно использовать дибутилфталат или диоктилфталат.

### *2.3.16. Стадии технологического процесса*

Предлагаются две технологические схемы производства краски: первая (рис. 2.3) – более производительная, но требующая затрат на приобретение оборудования; вторая (рис. 2.4) – с использованием минимального количества оборудования и дающая возможность получать 10-12 т краски в год в одной шаровой мельнице объемом 50 л. Первая технологическая схема представлена на рис. 2.3.

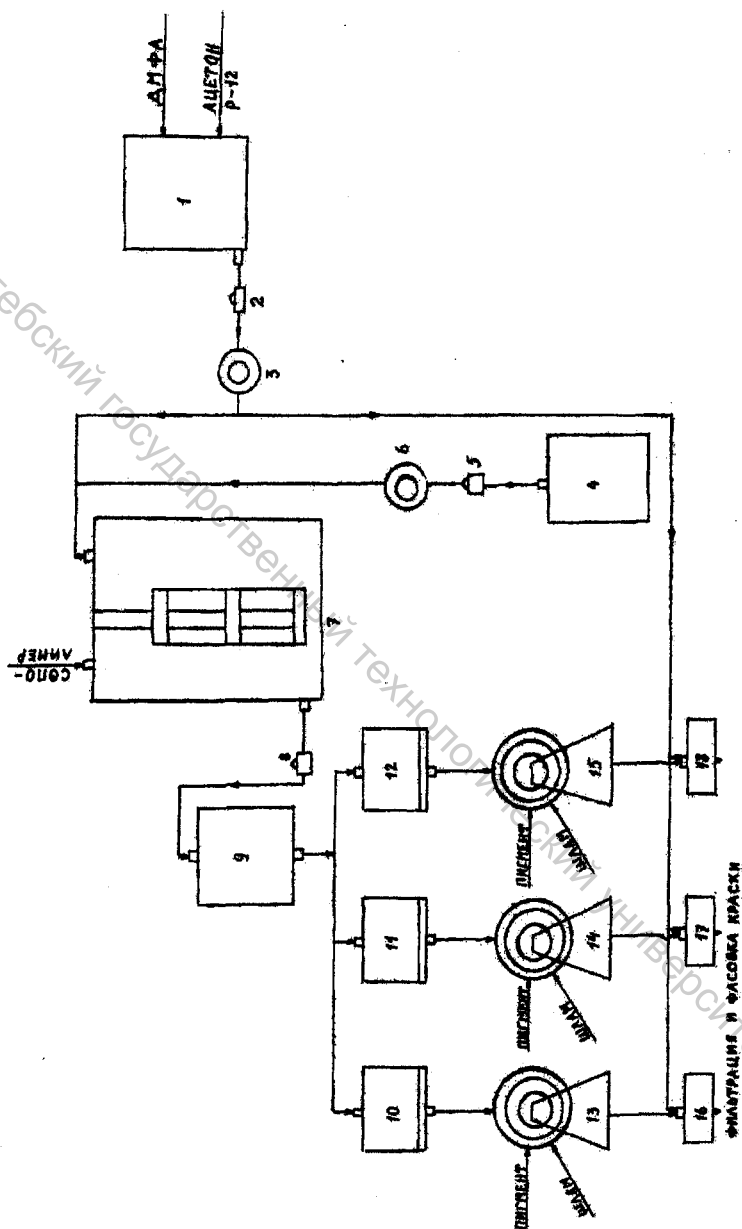


Рис. 2.3. Технологическая схема получения фасадной краски «Факрил».



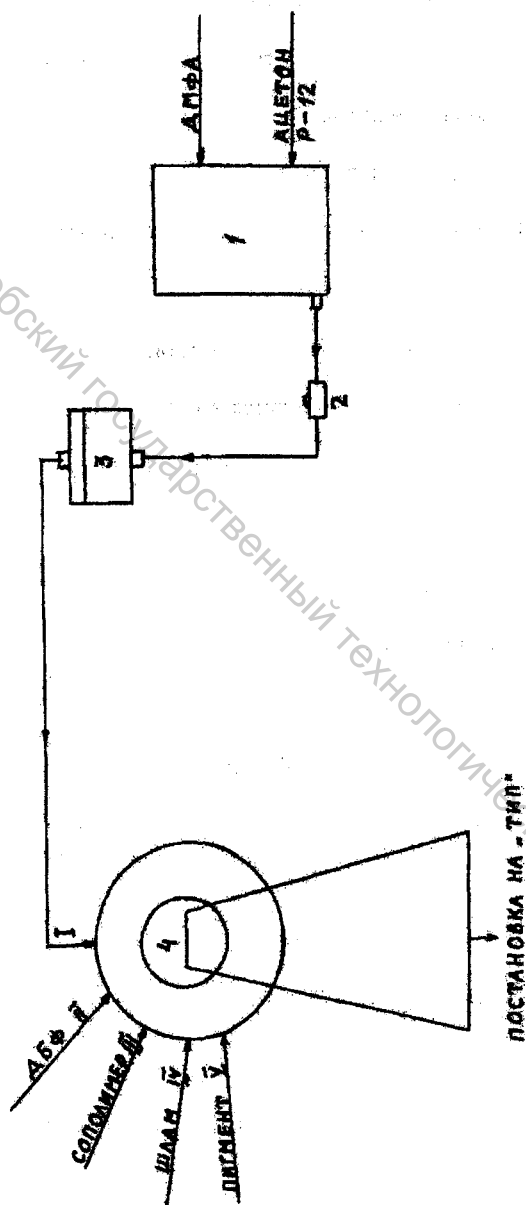


Рис. 2.4. Упрощенная технологическая схема получения фасадной краски «Факрил».

Цифрами на рис. 2.3 обозначены: 1 – емкость для смешанного растворителя; 3 – мерник (жидкостной счетчик) для растворителя; 4 – емкость с дибутилфталатом; 6 – мерник (жидкостной счетчик) для дибутилфталата; 2, 5, 8 – насосы; 7 – реактор (смеситель) для получения лака; 10, 11, 12 – весовые мерники для лака; 13, 14, 15 – шаровые мельницы; 16, 17, 18 – емкости для поставки краски на «тип».

Качество сырья должно соответствовать государственным стандартам и технологическим условиям. Загрузка производится в соответствии с загрузочными рецептурами. Все сырье со склада транспортируется на участок в количестве суточной потребности.

Смешанный растворитель (состав 1 или состав 2) готовится в емкости объемом 2-3 м<sup>3</sup>. Сначала в емкость заливается ацетон, затем Р-12, затем ДМФА (состав 1) или бутилацетат, затем ДМФА (состав 2). Принудительное перемешивание растворителей не обязательно. Температура в смесителе должна быть в пределах 15-25°C. Смеситель должен быть герметичен. Подача растворителей в смеситель должна регулироваться с помощью жидкостных счетчиков.

Приготовление лака производится в реакторе (смесителе) 7, оборудованном рамной или якорной мешалкой (рис. 2.3). Объем реактора 1-2 м<sup>3</sup>. Загрузка компонентов в реактор производится в следующей последовательности:

- 1) смешанный растворитель закачивается в реактор из емкости 1 через счетчик насосом;

2) дибутилфталат закачивается в реактор через счетчик насосом из емкости 4;

3) сополимер загружается вручную в реактор при работающей мешалке. Температура в реакторе должна быть в пределах 18-30 °С.

Растворение сополимера протекает в течение 3,5–4 часов при работающей мешалке.

Процесс получения лака в реакторе можно осуществить другим способом. Для этого, после загрузки растворителя, пластификатора и сополимера реактор закрывают, и смесь выдерживают в течение 12 часов. Затем включают мешалку и перемешивают лак в течение 1 часа.

Полученный лак может храниться в герметичной емкости в течение 6-7 месяцев.

Качество полученного лака проверяется наливом на стекло – должны отсутствовать крупинки не растворившегося сополимера.

Плотность лака составляет 1 г/см<sup>3</sup> при 20 °С.

В таблицах 2.19 и 2.20 приведены загрузочные рецептуры для реактора объемом 1 м<sup>3</sup> и 2 м<sup>3</sup>.

Таблица 2.19 – Загрузочная рецептура для реактора объемом 1 м<sup>3</sup> (в расчете на 750 кг лака)

| Наименование компонентов | Белая краска | Цветная краска |
|--------------------------|--------------|----------------|
| 1. Сополимер             | 98,2 кг      | 98,2 кг        |
| 2. Растворитель          |              |                |
| 1 состав                 | 702 л        | 702 л          |
| 2 состав                 | 672 л        | 672 л          |
| 3. Дибутилфталат         | 36 л         | 36 л           |

Таблица 2.20 – Загрузочная рецептура для реактора объемом 2 м<sup>3</sup> (в расчете на 1500 кг лака)

| Наименование компонентов | Белая краска | Цветная краска |
|--------------------------|--------------|----------------|
| 1. Сополимер             | 196,4кг      | 196,4кг        |
| 2 Растворитель           |              |                |
| 1 состав                 | 1404л        | 1404л          |
| 2 состав                 | 2344 л       | 2344л          |
| 3. Дибутилфталат         | 72л          | 72л            |

Полученный лак из реактора 7 перекачивается в накопительную емкость 9.

Диспергирование компонентов и получение краски проводится в шаровой мельнице. Число шаровых мельниц устанавливается по числу цветов. Шаровая мельница должна быть предназначена для мокрого помола. При эксплуата-

тации мельницы необходимо руководствоваться данными паспорта на каждую мельницу.

Перед загрузкой мельницы производится ее осмотр на чистоту и исправность.

Загрузка компонентов в мельницу проводится в следующей последовательности:

- 1) сначала загружают шары (фарфоровые, базальтовые, диабазовые или стальные – последние пригодны для получения только цветных красок). Мельница на  $1/3$  заполняется шарами;
- 2) лак поступает из емкости 9 самотеком или с помощью насоса через весовой мерник;
- 3) вручную загружаются предварительно взвешенные на весах наполнители (мел или доломит) и пигменты.

Из оставшегося объема мельницы ( $2/3$ ) она заполняется компонентами на  $3/4$ , так как большее заполнение приводит к затруднению перетира.

Поэтому в шаровой мельнице емкостью 50 л за 1 цикл можно приготовить 25 л или 29 кг краски, а в шаровой мельнице емкостью 100 л можно приготовить 50 л или 58 кг краски. В таблице 2.21 приведены загрузочные рецептуры на 1 цикл.

Таблица 2.21 – Белая краска

| Наименование компонента                                                              | Объем мельницы 50 л | Объем мельницы 100 л |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|
| 1. Лак                                                                               | 17,6 кг или 17,6 л  | 35,2 кг или 35,2 л   |
| 2. Двуокись титана или цинковые белила или оксидно-цинковый пигмент                  | 5,75 кг             | 11,5 кг              |
| 3. Мел                                                                               | 4,5 кг              | 9,0 кг               |
| Цветная краска                                                                       |                     |                      |
| 1. Лак                                                                               | 17,6 кг или 17,6 л  | 35,2 кг или 35,2 л   |
| 2. Доломит или непрокаленные (прокаленные) отходы водонасосных станций               | 8,9 кг              | 17,8 кг              |
| 3. Пигмент (охра, сурик) или непрокаленные (прокаленные) отходы водонасосных станций | 2,3 кг              | 4,6 кг               |

По окончании загрузки мельницу закрывают и пускают в ход. Перетир производится в течение 12-24 часов. Через 8 часов производится отбор проб через сливной кран. Предварительно останавливают мельницу и спускают образовавшиеся пары растворителей, подсоединив шлангом «воздушку». Степень перетира должна быть не более 140 мк. Контроль проводят по прибору «Клин». При неудовлетворительном результате проверки перетир необходимо продолжать.

Периодически (летом через 4 часа, зимой через 8 часов) необходимо спускать пары растворителей шаровой мельницы.

### 2.3.17. Упрощенная технологическая схема получения фасадной краски «Факрил»

На рисунке 2.4 представлена упрощенная технологическая схема получения фасадной краски. Цифрами обозначены: 1 - емкость для смешанного растворителя; 2 - насос; 3 - мерник (жидкостный счетчик) для растворителя; 4 - шаровая мельница.

Смешанный растворитель готовится в емкости 1, как описано в предыдущем разделе. Растворитель заливается в шаровую мельницу, в которую предварительно загружаются шары. Затем заливается дибутилфталат и загружается через отверстие в крышке сополимер. Затем крышка шаровой мельницы закрывается и осуществляется процесс получения лака одним из двух способов:

- 1) Смесь оставляют в неработающей мельнице на 10 - 12 часов (можно на ночь), затем включают мельницу на 1 час.
- 2) После загрузки смеси мельницу включают и через 5 - 7 часов получается лак.

Контроль качества лака определяется с помощью налива на стекло - должны отсутствовать крупинки нерастворившегося сополимера.

Необходимо помнить о том, что перед тем, как открыть крышку мельницы, нужно спустить из мельницы пары растворителей.

После получения лака в мельницу загружают наполнитель (мел или доломит) и пигмент. Перетир всех компонентов производится в течение 12- 24 часов. Степень перетира должна быть не более 140 мк. Контроль производят по прибору «Клин». В таблице 2.22 приведена загрузочная рецептура (на 1 цикл) в шаровую мельницу емкостью 50 л.

Таблица 2.22 - Загрузочная рецептура

| Наименование компонента                                               | Белая краска | Цветная краска |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|
| 1. Сополимер                                                          | 2,3 кг       | 2,3 кг         |
| 2. Растворитель                                                       |              |                |
| состав 1                                                              | 16,4 л       | 16,4 л         |
| состав 2                                                              | 15,7 л       | 15,7 л         |
| 3. Дибутилфталат                                                      | 1 л          | 1 л            |
| 4. Двуокись титана или цинковые белила или оксидно - цинковый пигмент | 5,5 кг       | -              |
| 5. Мел                                                                | 5,5 кг       | -              |
| 6. Доломит (отходы водонасосных станций)                              | -            | 9,0 кг         |
| 7. Пигмент (отходы водонасосных станций)                              | -            | 2,3 кг         |



Таблица 2.23 - Материальный баланс в расчете на 1 т краски "Факрил"

| Наименование компонента                                               | Масса компонента, кг/т краски |                |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------|
|                                                                       | Белая краска                  | Цветная краска |
| 1. Сополимер                                                          | 81,2                          | 81,2           |
| 2. Растворитель                                                       | 509,6                         | 509,6          |
| 3. Дибутилфталат                                                      | 30,3                          | 30,3           |
| 4. Двуокись титана или цинковые белила или оксидно - цинковый пигмент | 203,2                         | -              |
| 5. Мел                                                                | 195,7                         | -              |
| 6. Доломит (отходы водонасосных станций)                              | -                             | 315,6          |
| 7. Пигмент (отходы водонасосных станций)                              | -                             | 83,3           |
| ИТОГО                                                                 | 1020,0                        | 1020,0         |
| Потери                                                                | 20,0                          | 20,0           |

Для производства 1 т краски в среднем необходимо 45 квт-час электроэнергии.

Таблица 2.24 – Ежегодные нормы образования отходов производства

| Наименование отхода                                                    | Метод очистки, направление использования              | Норма образования отходов, кг/т краски |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1. Газообразные отходы, выбросы в атмосферу от вентиляционной системы. | Выброс в атмосферу                                    | 2,5                                    |
| 2. Жидкие отходы: отходы краски после выгрузки ее из оборудования.     | Отходы вымываются растворителем, собираются в емкости | 10,0                                   |
| 3. Твердые отходы: механические потери, пыль пигментов.                |                                                       | 4,5                                    |
| ИТОГО:                                                                 |                                                       | 17,0                                   |

Таблица 2.25 – Нормы технологического режима

| Наименование стадий                        | Продолжительность, час, мин | Температура, °С |
|--------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| 1. Приготовление смешанного растворителя   | 20 мин                      | 15 – 25         |
| 2. Получение лака                          | 6 – 8 час                   | 18 – 30         |
| 3. Загрузка компонентов в шаровую мельницу | 30 мин                      | 15 – 25         |
| 4. Диспергирование в мельнице              | 12 – 24 час                 | 20 – 30         |
| 5. Постановка на «тип»                     | 1 час                       | 15 – 25         |
| 6. Слив краски в тару                      | 30 мин                      | 15 – 25         |
| ИТОГО:                                     | 20,5 – 34,5 час             |                 |

Таблица 2.26 – Охрана окружающей среды

Выбросы в атмосферу

| Наименование выброса                                                                           | Количество источников выброса | Объем газов, М <sup>3</sup> /час | Периодичность | Температура газа, °С | Состав выброса, мг/м <sup>3</sup> | Допустимое количество в атмосфере, кг/час |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| 1                                                                                              | 2                             | 3                                | 4             | 5                    | 6                                 | 7                                         |
| 1. Вентиляционный выброс паров растворителя на стадии диспергирования в шаровой машине (3 шт.) | 3                             | 17100                            | 1 час/сутки   | 20                   | Пары растворителя, 50             | 0,85                                      |
| 2. Вентиляционный выброс паров растворителя на стадии получения краски                         | 3                             | 17100                            | 16 час/сутки  | 15                   | Пары растворителя, 30             | 0,85                                      |
| 3. Сточные воды не образуются                                                                  | -                             | -                                | -             | -                    | -                                 | -                                         |

## Твердые отходы

| Наименование отхода                     | Куда складываются                                        | Количество отходов в сутки, кг | Периодичность образования                                     | Химический состав                                                                                                                                                   | Удельный вес, кг/м <sup>3</sup>  |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Жидкие отходы при промывке оборудования | Собираются в бочки и используются для разбавления краски | 200                            | При окончании выпуска краски или при переходе с цвета на цвет | ДМФА, загрязненный остатками краски. Класс опасности - 2<br>Бутилацетат.<br>Класс опасности - 4<br>Р - 12.<br>Класс опасности - 3<br>Ацетон.<br>Класс опасности - 4 | 0,945<br>0,880<br>0,873<br>0,792 |
| Твердые отходы: механические потери     | -                                                        | 3 - 4                          | После каждой загрузки                                         | Смесь пигментов, наполнителей. Не токсичные. Класс опасности - 4                                                                                                    | -                                |

### 2.3.18. Проведение экспертизы фасадных красок

В НПО «Пигмент» (г. Санкт-Петербург) проведены испытания фасадных красок на атмосферостойкость. Испытания проводились в климатической камере с перепадом температур от  $-45^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  при 100% влажности. Испытания проводились по ГОСТ 9.074–87, метод Б, по следующим циклам.

1. Гидростат =  $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность  $98\pm 2\%$  - 6 час.
2. То же без нагрева - 2 час.
3. Камера холода:  $-45\pm 2^{\circ}\text{C}$  - 3 час.
4. Аппарат искусственной погоды - 7 час.
5. Выдержка на воздухе - 6 час.

Образцы краски наносили на керамические пластинки в два слоя. Межслойная сушка 1 час. Перед испытаниями покрытия выдерживали в комнатных условиях в течении 3 суток. Параллельно испытывали покрытия фасадной краской ХВ-161, срок службы которой составляет 5 лет. В таблице 2.27 приведены результаты испытаний фасадных красок.

В результате испытаний установлено, что покрытия фасадной краской на основе полистирола могут эксплуатироваться в атмосферных условиях умеренного климата не менее трех лет.

Таблица 2.27 – Внешний вид покрытий после испытаний

| Покрытие                                             | 3 цикла       |                    |                    | 6 циклов      |                    |                    | 15 циклов                                       |                                              |                                |
|------------------------------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|
|                                                      | Краска<br>ПС  | Краска<br>«Факрил» | Краска<br>ХВ - 161 | Краска<br>ПС  | Краска<br>«Факрил» | Краска<br>ХВ - 161 | Краска<br>ПС                                    | Краска<br>«Факрил»                           | Краска<br>ХВ - 161             |
| Розовое                                              | Без изменений | Без изменений      | Без изменений      | Без изменений | Без изменений      | Без изменений      | Леткое меление<br>несколько<br>мелких<br>трещин | Меление<br>отсутствует,<br>разрушений<br>нет | Меление                        |
| Желтое                                               | Без изменений | Без изменений      | Без изменений      | Без изменений | Без изменений      | Без изменений      | Леткое меление                                  | Без изменений                                | Отдельные<br>мелкие<br>трещины |
| Красное (прокаленные отходы станций обезжелезивания) | Без изменений | Без изменений      | Без изменений      | Без изменений | Без изменений      | Без изменений      | Леткое меление                                  | Без изменений                                | Меление                        |
| Белое                                                | Без изменений | Без изменений      | Без изменений      | Без изменений | Без изменений      | Без изменений      | Леткое меление                                  | Без изменений                                | Меление                        |
| Синее                                                | Без изменений | Без изменений      | Без изменений      | Без изменений | Без изменений      | Без изменений      | Леткое меление                                  | Без изменений                                | Меление                        |

Покрытия фасадной краской на основе сополимера акрилонитрила и винилхлорида могут сохранять первоначальный декоративный вид не менее 8 лет, а защитные свойства до 10 лет. При подборе соответствующей грунтовки такие покрытия могут служить для длительной противокоррозионной защиты металла. Большой срок службы фасадной краски «Факрил» объясняется использованием атмосферостойких железосодержащих неорганических отходов водонасосных станций и сополимера акрилонитрила и винилхлорида.

В производственной лаборатории АО «Оршастройматериалы» проводились испытания покрытий на основе фасадной краски «Факрил». Краска наносилась в два слоя на керамические подложки, которые выдерживались при 180 °С и давлении 11 атм в автоклаве в течении 6–8 часов. После испытаний не обнаружено меления покрытий, потемнения или появления трещин.

В лабораторных условиях определялась устойчивость покрытий на основе фасадных красок ПС и «Факрил» к различным реагентам, т. е. химстойкость. Лакокрасочные материалы испытывались к действию: 30 %-го раствора серной кислоты в течении 2 месяцев, 15 %-го раствора щелочи в течении 2 месяцев, 50 %-го раствора поваренной соли в течении 3 месяцев, 15 %-го раствора аммиака в течении 3 месяцев. Во всех случаях устойчивость покрытий была удовлетворительной, так как после истечения указанного времени, и высушивания на воздухе в течение 1 часа, внешний вид покрытий остался без изменений.

В лаборатории управления пожарной охраны УВД Витебского облисполкома проведены испытания по определению взрывоопасных свойств фасадных красок. Установлено, что краски относятся к группе легковоспламеняющихся, взрывоопасных жидкостей с температурой вспышки 20–24 °С. В соответствии с утвержденными нормами технологического проектирования, помещения, в которых размещены производства фасадных красок, относятся к категории А (взрывоопасные). Проектом необходимо предусмотреть соответствующие мероприятия по обеспечению взрывопожарной безопасности помещений и зданий в отношении планировки и застройки, этажности, площадей, размещения площадей, конструктивных решений, инженерного оборудования. Мероприятия по обеспечению безопасности работающих должны предусматриваться в соответствии с ГОСТ 12.1.004 – 85 и ГОСТ 12.1.044 – 84.



### ГЛАВА 3. ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТЫ – ПОВЕРХНОСНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Настоящая глава подготовлена при поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований.

За последние годы возросло применение полиэлектролитов в качестве флокулянтов и поверхностно-активных веществ [3, 8]. В состав пленкообразующего фасадной краски «Факрил» входит парастиролсульфат натрия, - в результате отпадает необходимость вводить в состав краски поверхностно-активное вещество [31]. Полиэлектролиты используют в качестве добавок к пигментам для получения устойчивых ярких окрасок в результате повышения времени фиксации пигмента.

Полиэлектролитами называют вещества, молекулы которых в растворе диссоциируют с образованием полимерного иона  $P^+$  и большого количества малых ионов (противоионов)  $I^+$ . Полимерный характер одного из ионов, образующихся при диссоциации, ответственен за ряд свойств растворов этих веществ, резко отличающихся от свойств растворов обычных электролитов и позволяющих рассматривать полиэлектролиты как отдельную группу веществ. Многие свойства полиэлектролитов не зависят от химических свойств функциональных групп полииона и противоионов и обусловлены неспецифическими электростатическими взаимодействиями системы: большой линейный полиион – коллектив малых ионов.

Свойства растворов полиэлектролитов характеризуются теми же величинами, что и свойства растворов низкомолекулярных веществ: коэффициентом активности и осмотическим коэффициентом. Однако, их зависимость от состава растворов имеет существенные отличия, указывающие на особенности поведения полиэлектролитов. Особенностью растворов полиэлектролитов является то, что даже при стремлении их концентрации к 0, степень диссоциации не стремится, в отличие от обычных электролитов, к 1, а стремится к некоторой предельной величине  $\alpha_0 < 1$ . Это обусловлено тем, что при бесконечном разбавлении раствора заряженные группы, расположенные на макроионе, не удаляются друг от друга. Полиионы создают вокруг себя сильное электрическое поле, являющиеся суперпозицией полей фиксированных зарядов, в результате чего потенциальная энергия низкомолекулярного иона, находящегося вблизи цепи, оказывается в несколько раз больше кинетической энергии его теплового движения. Поэтому к растворам полиэлектролитов неприменимы теории растворов низкомолекулярных электролитов в обычном виде. Качественно полиэлектролиты проявляют некоторое сходство с простыми электролитами и неионными полимерами. Весь объем раствора полиэлектролита делится на 4 области (рис.3.1): 1 – область, занимаемая противоионами; 2 – цилиндрическая протяженность вдоль цепи макроиона; 3 – объем, занимаемый макроионом; 4 – область вне макроиона. Противоионы распределены по этим четырем областям. Противоионы в областях 1, 2, 3 делятся на две группы: связанные с фиксиро-

ванными группами макроиона и полностью локализованные ( $r$  - связывание), и противоионы, находящиеся вблизи макроиона, и удерживаемые в области его объема полем общего кулоновского потенциала, создаваемого полиионом ( $\psi$  - связывание). Отношение между числом  $r$ - и  $\psi$ - связей аналогично отношению между числом ионных пар и свободных ионов в растворах низкомолекулярных электролитов. При концентрациях полиэлектролита, не превышающих 0,1, число  $\psi$ -связей значительно превышает число  $r$ -связей.

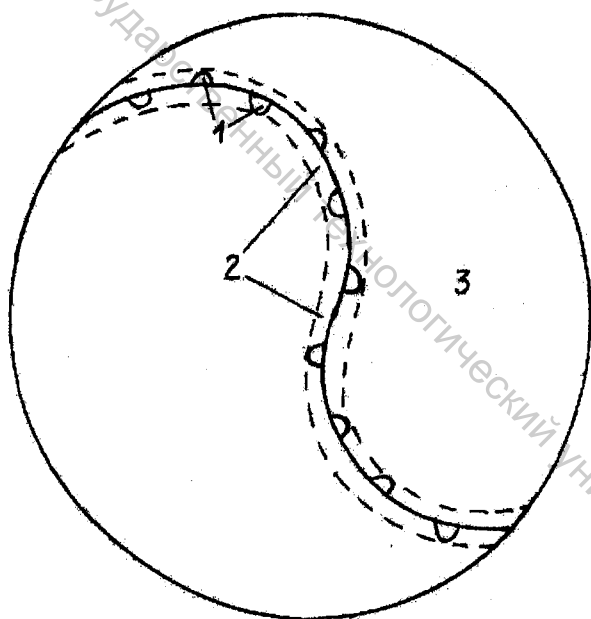


Рис. 3.1. Схема молекулы полиэлектролита.

Существует две точки зрения на характер связи между противоионом и полиионом [3]. Связь в ионной атмосфере и связь посредством образования ионных пар. Экспериментально два типа связи можно различить, изучая коллигативные свойства растворов полиэлектролита с различными противоионами. Степень связывания ионов щелочных металлов в полистиролсульфатах находится в соответствии с кулоновским взаимодействием гидратированных ионов с  $\text{SO}_3^-$  - группой [6]:

$$\text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Li}^+$$

$$r_{\text{Li}}^+ = 4,65 \text{ \AA}, r_{\text{K}}^+ = 2,55 \text{ \AA}$$

Степень связывания противоионов полиионами с позиций теории образования ионных пар определяется размером заряженной группы полииона, радиусом гидратированного и дегидратированного противоиона, а также энергией сольватации противоиона. Теории, рассматривающие связывание противоионов только в ионной атмосфере полииона, плохо согласуются с опытными данными. Наиболее приемлема концепция образования ионных пар. При больших концентрациях раствора на ионную пару оказывают влияние электрические ионные атмосферы других молекул, при разбавлении раствора это влияние уменьшается. Физическая картина в растворах полиэлектролитов более сложна, чем любая идеализированная модель. Концепция связывания в ионной атмосфере подразумевает, что полиэлектролит имеет сферическую конфигурацию, т.е. полиион имеет форму клубка (гипотетической сферы), которая проницаема

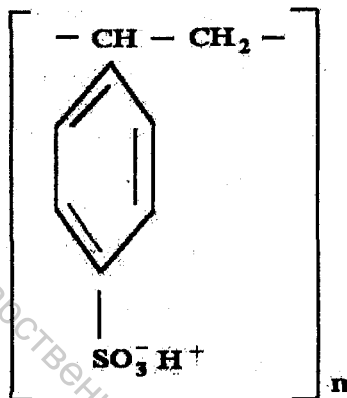
для растворителя и простого электролита, а фиксированные заряды полииона равномерно распределены по всей сфере. Зависимость вязкости полиэлектrolитов от их молекулярной массы показывает, что молекулы полиэлектrolита даже при максимальных степенях ионизации представляют собой не жесткие стержни, а сильно набухшие клубки. Теории, характеризующие молекулу полиэлектrolита, как сферическую или как цепочкообразную структуру не могут полностью описать свойства полиэлектrolита, поскольку макромолекула всегда имеет промежуточную форму, являющуюся суперпозицией двух указанных форм. При увеличении концентрации возрастает вклад сферической формы, увеличивается симметрия поля, создаваемого полиионом, а при разбавлении растет вклад цепной формы [12].

Основным свойством растворов полиэлектrolитов, дающим богатую информацию об их строении, и поддающимся простому расчету из различных экспериментальных данных, является осмотический коэффициент  $\phi$ . Он определяется как отношение осмотического давления раствора полиэлектrolита  $\pi$  к гипотетическому осмотическому давлению идеального раствора такой же концентрации.

$$\pi = \nu \cdot n \cdot \phi \cdot R \cdot T, \quad (3.1)$$

где:  $\nu$  - число осмотически активных частиц, на которое распадается структурная единица полиэлектrolита,  $n$  - концентрация полиэлектrolита (число молекул в единице объема).

Поскольку в состав пленкообразующего фасадной краски «Факрил» входит парастиролсульфат натрия, изучались свойства парастиролсульфо-кислоты и ее солей. Парастиролсульфо-кислота (НР)



получена в лаборатории сульфированием полистирола с молекулярной массой, равной 200 000. Очистка полиэлектролита осуществлялась с помощью диализа через целлофановую полупрозрачную мембрану, а также пропусканием через катионит КРС в  $\text{H}^+$  - форме. При хранении вязкость раствора полистиролсульфо-кислоты уменьшается, поэтому НР была стабилизирована путем длительного хранения. В качестве характеристики полистиролсульфо-кислоты можно использовать вязкость 0,1558 н.раствора, которая составила  $4 \text{ см}^2/\text{с}$ . Соли НР получены обработкой кислоты гидроксидами соответствующих металлов до  $\text{pH}$  раствора = 7. Концентрирование растворов НР осуществлялось при  $50^\circ\text{C}$  [5].

Осмотическое давление растворов полистиролсульфоукислоты и ее солей измерялось на специально сконструированном осмометре компенсационного типа с целлофановой полупрозрачной мембраной при 25 °C (рис.3.2). Прибор представляет собой ячейку из полиметилметакрилата (1), снабженную полупроницаемой мембраной (2), на жесткой пористой металлической подложке (3). Сквозь мембрану могут проходить только молекулы воды и низкомолекулярные ионы. Способность растворов полиэлектролитов к самопроизвольному разбавлению компенсируется наложением внешнего давления на раствор полиэлектролита путем открытия вентиля баллона (5). При этих условиях транспорт растворителя через мембрану минимален и постоянство объема исследуемого раствора регистрируется по его уровню в толстостенном стеклянном капилляре (4). Налагаемое давление из баллона со сжатым воздухом на раствор для поддержания неизменного уровня в капилляре равно осмотическому давлению и регистрируется на манометре. Ячейка заполняется раствором через отверстие. Непрерывная циркуляция воды в ячейке уменьшает возможное контросмотическое давление, возникающее вследствие проникновения отдельных фракций полимера через мембрану. Время установления равновесия составляет 30 – 50 минут в зависимости от концентрации раствора. После каждого измерения ячейка тщательно промывалась дистиллированной водой.

Ошибка в определении величины осмотического давления колебалась от 10 – 12% ( $m = 0,05$ ) до 1 – 3% ( $m = 1 - 1,5$ ) для разных ионных форм. Различие

между моляльностью и молярностью раствора при небольших концентрациях невелико.

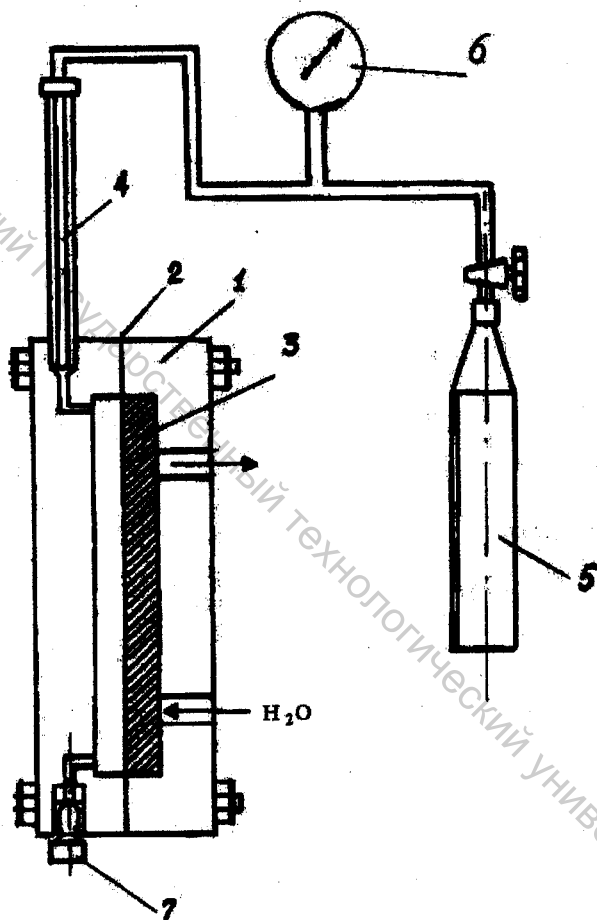


Рис. 3.2. Схема осмометра (1 – ячейка, 2 – мембрана, 3 – подложка, 4 – капилляр, 5 – баллон, 6 – манометр).



Значения осмотического давления  $\pi$  в зависимости от концентрации раствора для  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  - форм НР представлены на рис.3.3 ( $m$  – количество молей  $Me^{2+}$  на кг растворителя).

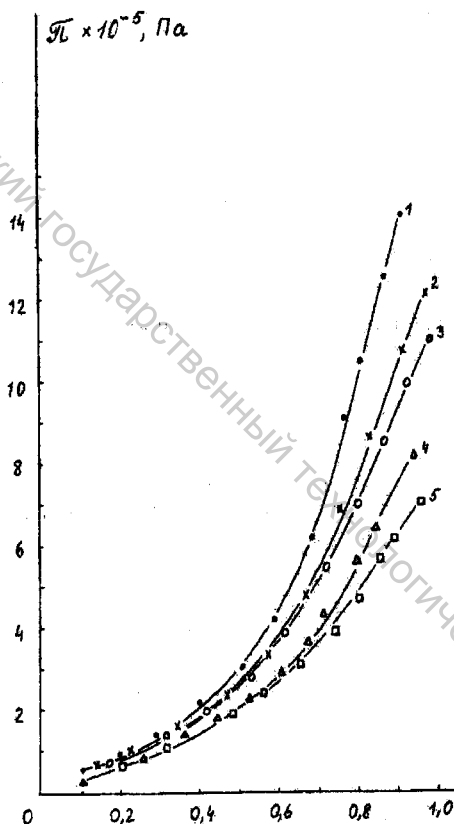


Рис. 3.3. Осмотическое давление полистиролсульфонатов в зависимости от моляльности: 1 –  $H^+$ , 2 –  $Na^+$ , 3 –  $K^+$ , 4 –  $Mg^{2+}$ , 5 –  $Ca^{2+}$ .

Концентрация ионов в растворах полистиролсульфонатов определялась следующим образом: ионы  $H^+$  анализировались алкалиметрически, ионы  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  - с помощью комплексонометрического титрования. Концентрация солей щелочных металлов определялась путем ионного обмена  $Me^+ - H^+$  на ионите КРСх8. Для этой цели  $1 \cdot 10^{-3}$  л. раствора полиэлектролита в солевой форме вводилась в верхний слой ионита, колонка  $1 \times 10$  см. После выдержки в течение 30 минут ионит промывался  $5 \cdot 10^{-2}$  л. дистиллированной воды. Затем определялась концентрация ионов водорода.

Осмотические коэффициенты  $\phi$  рассчитывались из измеренных величин  $\pi$ :

$$\nu \cdot \phi = \frac{\pi}{m \cdot R \cdot T}, \quad (3.2)$$

где:  $\nu$  - число осмотически активных частиц, на которое распадается структурная единица полиэлектролита;  $\nu$  принято равным 1;  $m$  - брутто - моляльность иона. Величина осмотического коэффициента является мерой связанности противоионов с полимерным ионом и может рассматриваться как кажущаяся степень диссоциации полиэлектролита.

На рис.3.4 приведены значения  $\phi$  для различных солей. Осмотические коэффициенты не стремятся к нулю при бесконечном разбавлении, поскольку при этом не исчезает сильное взаимодействие полиионов с катионами вдоль полимерной цепи.

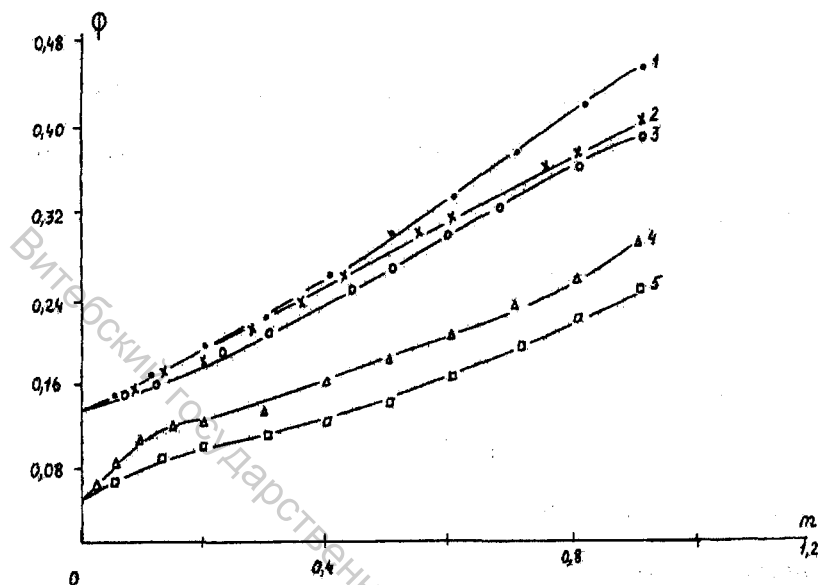


Рис. 3.4. Осмотические коэффициенты солей в зависимости от моляльн о-  
сти: 1 -  $\text{H}^+$ , 2 -  $\text{Na}^+$ , 3 -  $\text{K}^+$ , 4 -  $\text{Mg}^{2+}$ , 5 -  $\text{Ca}^{2+}$ .

Порядок изменения величины  $\phi$  для различных противоионов находится в соответствии с возрастанием кулоновского взаимодействия этих ионов с полиионом по мере уменьшения их размеров в гидратированном состоянии. Независимо от типа катиона предельная величина  $\phi_0$  для одновалентных ионов равна 0,14 и 0,56 для двухвалентных ионов. Следовательно, величина осмотического коэффициента определяется только силами кулоновского взаимодействия между полиионом и катионами, а плотность заряда полииона в бесконечно разбавленных растворах зависит только от заряда противоиона, но не от его размера.

При увеличении концентрации осмотический коэффициент полистиролсульфонатов возрастает. Увеличение числа осмотически активных частиц в растворе можно объяснить возрастанием симметрии электростатического поля, создаваемого полиионами за счет перекрывания их полей.

Из полученных данных можно сделать вывод о том, что полистиролсульфонаты одновалентных ионов являются более активными поверхностно – активными веществами по сравнению с полистиролсульфонатами двухвалентных ионов. Полистиролсульфанат натрия, входящий в состав пленкообразующего, является наиболее эффективным поверхностно – активным веществом. Поэтому отпадает необходимость вводить в состав фасадной краски «Факрил» алифатические амины или другие ПАВ.

## ГЛАВА 4. УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ НА ТЭЦ

Предметом исследования является жидкий шлам, образующийся при очистке воды реки Западная Двина, в осветлителях химического цеха Витебской ТЭЦ методом осаждения. В качестве коагулянта используется сульфат алюминия, а в качестве флокулянта – полиакриламид. Ежегодно на Витебской ТЭЦ в шламонакопителях образуется 50 – 60 тонн отходов (шлам продувочной воды). Вопрос утилизации отходов ТЭЦ в Витебской области и Республике Беларусь до сих пор не решен.

### *4.1. Исследование химического состава шлама продувочной воды*

Химический состав шлама определялся методами количественного анализа. Содержание ионов трехвалентного железа определялось с помощью гравиметрического метода по методике, описанной в разделе 1.1.

Прозрачный фильтрат, после осаждения гидроксида железа, использовался для определения содержания алюминия и кальция. Метод определения алюминия путем осаждения его аммиаком с последующим превращением осадка  $\text{Al}(\text{OH})_3$  в  $\text{Al}_2\text{O}_3$  при прокаливании не является точным, поскольку гидроксид алюминия заметно растворим в  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Поэтому содержание алюминия определялось с помощью 8-оксихинолина. Раствор подкислялся 2н.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , затем прибавлялся осадитель – уксуснокислый раствор 8-оксихинолина. Осадок ок-

сихинолята алюминия промывался сначала небольшим количеством горячей воды, затем холодной водой до тех пор, пока промывная жидкость становилась бесцветной.

Содержание кальция определялось с помощью оксалата алюминия. При 900 °С оксалат кальция разлагается с образованием оксида кальция. Недостатком CaO как весовой формы является ее гигроскопичность и способность поглощать из воздуха углекислый газ. Поэтому в качестве весовой формы более целесообразно использовать сульфат кальция. Осадок оксалата кальция обрабатывали раствором серной кислоты, затем раствор выпаривали и сухой остаток прокаливали при 500 °С в течение 1 часа. Результаты определений приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Состав шлама продувочной воды

| Содержание в весовых процентах, в расчете на сухое вещество | Проба взята в марте 2000 г. | Проба взята в марте 2001 г. |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Fe(OH) <sub>3</sub>                                         | 21 ± 2%                     | 23 ± 2%                     |
| SiO <sub>2</sub>                                            | 31 ± 2%                     | 32 ± 2%                     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                              | 9 ± 1%                      | 8 ± 1%                      |
| CaSO <sub>4</sub>                                           | 3 ± 0,2%                    | 5 ± 0,2%                    |
| Органические вещества                                       | 36 ± 2%                     | 32 ± 2%                     |

Исследование содержание микроэлементов (тяжелых металлов) в шламе продувочной воды проводилось с помощью атомно – эмиссионного анализа на спектрографе PGS – 2. Перед исследованием образцы массой от 0,2 г до 0,6 г высушивались до постоянного веса при 105 – 110 °С. Результаты анализа приведены в таблице 4.2. Из таблицы следует, что содержание тяжелых металлов в отходах не превышает ПДК или чувствительности метода анализа. К таким элементам относятся: кадмий, сурьма, висмут, мышьяк, вольфрам, ртуть, стронций, германий, хром, ванадий, никель, кобальт, бериллий, скандий, олово. Содержание микроэлементов в шламе не превышает допустимых санитарных норм, что дает возможность использовать отходы ТЭЦ в дорожном строительстве.

Таблица 4.2 – Содержание тяжелых металлов (микроэлементов) в шламе продуктовой воды Витебской ТЭЦ

| Элемент                        | Zn   | Pb     | Zr       | Cu   | Ba    | V       | Mo       | Y     | Ti    | Mn       | Cr   | Co      |
|--------------------------------|------|--------|----------|------|-------|---------|----------|-------|-------|----------|------|---------|
|                                | цинк | свинец | цирконий | медь | барий | ванадий | молибден | итрий | титан | марганец | хром | кобальт |
| Чувствительность метода, мг/кг | 200  | 8      | 6        | 4    | 50    | 10      | 1        | 5     | 10    | 10       | 6    | 4       |
| Шлам                           |      |        |          |      |       |         |          |       |       |          |      |         |
| продуктовой воды, мг/кг        | 400  | 32     | 12       | 8    | 150   | -       | -        | 10    | 30    | 20       | -    | -       |



Продолжение таблицы 4.2

| Элемент                               | Be            | Sn         | Bi           | As            | W              | Sr              | Sc           | Sb            | Cd           | Ge             | Ni          |
|---------------------------------------|---------------|------------|--------------|---------------|----------------|-----------------|--------------|---------------|--------------|----------------|-------------|
| Чувствительность метода, мг/кг        | бериллий<br>1 | олово<br>1 | висмут<br>10 | мышьяк<br>200 | вольфрам<br>30 | стронций<br>100 | скандий<br>4 | сурьма<br>100 | кадмий<br>10 | германий<br>10 | никель<br>5 |
| Шлам<br>продувочной<br>воды,<br>мг/кг | -             | -          | -            | -             | -              | -               | -            | -             | -            | -              | -           |

#### **4.2. Разработка технологии изготовления асфальтобетона**

Стоимость дорожного покрытия достигает 70 % и более от общих затрат на сооружение дороги. Поэтому устройство дорожных одежд из местных материалов и отходов промышленности является актуальной задачей. Для разработки технологии утилизации шлама Витебской ТЭЦ исследован гранулометрический состав отходов. Испытания проводились в аттестованной лаборатории по контролю качества строительных материалов производственного ремонтно-строительного объединения «Витебскоблдорстрой». Предварительно шлам высушивался до постоянного веса при 110 °С, измельчался и проводился отсев крупных фракций. Результаты испытаний приведены в таблице 4.3, из которой следует, что гранулометрический состав шлама близок по плотности к оптимальному. Отходы соответствуют требованиям ГОСТ 16557-78, СТБ 1033-96, ТУ 17-2071665-1-97 и пригодны для приготовления асфальтобетонных смесей.

Применяемая в дорожном строительстве органоминеральная смесь холодной укладки для ремонта покрытий автомобильных дорог имеет следующий состав [32, 37]:

- песчано – гравийная смесь (размер зерен 0,1 – 15 мм) – 62%;
- щебень гранитный (размер зерен 5 – 20 мм) – 28%;
- доломитовая мука (размер зерен 0,1 – 2,5 мм) – 7%;
- активатор (гашеная известь) – 3%;

- битум нефтяной жидкий с вязкостью 60 с. – 6% от веса минеральных материалов;

Таблица 4.3 – Гранулометрический состав шлама

| Наименование показателей качества шлама по НТД            | Значение показателей качества по НТД | Фактическое значение показателя качества шлама в результате испытаний |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Удельный вес, кг/м <sup>3</sup>                           | -                                    | 1920                                                                  |
| Влажность, %                                              | Не более 1,0                         | 0,7                                                                   |
| Плотность при уплотнении под нагрузкой, кг/м <sup>3</sup> | -                                    | 2160                                                                  |
| Пористость, %                                             | Не более 35                          | 12                                                                    |
| Набухание образцов из смеси шлама с битумом, %            | Не более 2,5                         | 1,8                                                                   |
| Показатель битумоемкости                                  | Не более 65                          | 32                                                                    |
| Зерновой состав, %                                        |                                      |                                                                       |
| Мельче 1,25 мм                                            | Не менее 100                         | 100                                                                   |
| Мельче 0,315 мм                                           | Не менее 90                          | 94,2                                                                  |
| Мельче 0,071 мм                                           | Не менее 70                          | 75,6                                                                  |

На кафедре химии Витебского государственного технологического университета разработан состав холодной органоминеральной смеси, в которой весь доломит заменен шламом продувочной воды, образующимся на ТЭЦ [40, 41, 42]. Изготовление образцов органоминеральной смеси проводилось следующим образом. Предварительно высушенные и нагретые до 110 °С минеральные материалы перемешивались в механическом смесителе. Допускается применение минеральных материалов с естественной влажностью до 4%. Затем

в смесь добавляют шлам и перемешивают в течение 10 минут. Шлам заменяет весь минеральный порошок (доломитовую муку). Постепенно, со скоростью 2 – 3° в минуту, температуру смеси доводят до 100 °С. Периодически измеряют осадку конуса. Осадка конуса изменялась от 12–14 см при 55 °С до 2–3 см при 100 °С. Через 30 минут после начала перемешивания в смесь добавляют предварительно разогретый до 65 °С битум нефтяной, дорожный, жидкий. Физико-механические свойства холодной влажной органоминеральной смеси определялись на цилиндрических образцах, полученных при уплотнении 640 г смеси в стальных формах при прессовании под давлением 40 МПа (400 кгс/см<sup>2</sup>). По истечении 12 часов после изготовления образцы испытывались по физико-механическим показателям, регламентируемым СТБ 1115–98 для холодного асфальтобетона. Анализы проводились в усредненной пробе в пяти параллельных образцах. Выполнена математическая обработка результатов анализа по методу наименьших квадратов с 90 % доверительным интервалом.

Средняя плотность (объемная масса) асфальтобетона рассчитывалась по формуле:

$$P_m = \frac{g_0 \cdot P^s}{g_1 - g_2}, \quad (4.1)$$

где:  $g_0$  – масса образца, взвешенного на воздухе, г;

$g_1$  – масса образца, выдержанного в воде в течение 30 мин, а затем взвешенного на воздухе, г;

$g_2$  – масса того же образца, взвешенного в воде, г;

$\rho^B$  – истинная плотность воды, принятая равной  $1 \text{ г/см}^3$ .

Водонасыщение (в % по объему) рассчитывалось по формуле:

$$W = \frac{g_3 - g_0}{g_1 - g_2} \cdot 100 \%, \quad (4.2)$$

где:  $g_0$  – масса сухого, не насыщенного водой, образца, взвешенного на воздухе, г;

$g_1$  – масса образца, выдержанного в воде в течение 30 мин и взвешенного на воздухе, г;

$g_2$  – масса того же образца, взвешенного в воде, г;

$g_3$  – масса насыщенного водой образца, взвешенного в воде, г;

Набухание (приращение объема) асфальтобетона рассчитывалось по формуле:

$$H = \frac{(g_3 - g_4) - (g_1 - g_2)}{g_1 - g_2} \cdot 100 \%, \quad (4.3)$$

где:  $g_1$  – масса сухого образца, выдержанного в течение 30 минут в воде и взвешенного на воздухе, г;

$g_2$  – масса того же образца, взвешенного в воде, г;

$g_3$  – масса насыщенного водой образца, взвешенного в воде, г;

$g_4$  – масса того же образца, взвешенного в воде, г;

Предел прочности при сжатии при температуре 20 °С и 50 °С определялся по СТБ 1115 для холодного асфальтобетона. Результаты определений приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Физико–механические показатели смеси

| Наименование показателя                               | Норма по СТБ   | Образцы асфальтобетона с доломитом | Образцы асфальтобетона со шламом |
|-------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Водонасыщение по объему, не более, %                  | 5,0            | 2,88                               | 2,73                             |
| Набухание по объему, не более, %                      | 1,0            | 0,78                               | 0,90                             |
| Средняя плотность (объемная масса), г/см <sup>3</sup> | Не нормируется | 2,17                               | 2,22                             |
| Предел прочности при сжатии                           |                |                                    |                                  |
| 20 °С                                                 | 1,2            | 9,25                               | 8,60                             |
| 50 °С                                                 | 1,8            | 5,00                               | 3,90                             |

Из данных таблицы следует, что замена доломитового порошка шламом не приведет к ухудшению физико–механических свойств асфальтобетона. Применение отходов ТЭЦ экономически эффективно, так как отпадает необходимость в использовании доломитовой муки, которая производится для сельского хозяйства и не всегда отвечает нормам СТБ по гранулометрическому составу. Использование шлама в конструкции дорожных одежд удешевляет стоимость строительства автомобильных дорог на 10–15 % [46].

Заменяв минеральное связующее в составе асфальтобетона отходами ТЭЦ, их можно утилизировать без предварительного высушивания или прокаливания [37]. Вода в асфальтобитумных смесях в момент уплотнения выполняет роль смазывающего вещества и способствует сближению зерен минерального материала. Например, объемный вес образца, сформированного из смеси песка и битума, в количестве 8%, и уплотненного нагрузкой  $400 \text{ кг/см}^2$ , составил  $2,17 \text{ г/см}^3$ , а объемный вес образца, сформированного из того же состава, но с добавкой воды в количестве 10% от веса минерального материала –  $2,22 \text{ г/см}^3$ . С увеличением плотности увеличивается коэффициент внутреннего трения смеси, что и обуславливает повышение прочности образцов при сжатии. Кроме того, благодаря присутствию воды, в минеральном материале происходят процессы гидролиза и гидратации, и в местах контакта зерен образуются жесткие кристаллизационные связи, что также приводит к повышению прочности асфальтобитумных смесей при сжатии.

Асфальтобитумные смеси с добавкой воды имеют хорошую тепло- и водоустойчивость и характеризуются малым набуханием. Это дает основание полагать, что такое покрытие будет хорошо служить в зонах с неблагоприятными климатическими условиями. Высокая прочность у образцов с добавкой воды позволяет производить укладку смеси в сырую погоду и по влажному основанию.

Перспективным является применение влажного шлама продувочной воды в битумных эмульсиях, состоящих из нефтяного битума, эмульгатора, воды и соляной кислоты. В состав шлама входит флокулянт (полиамид), который являясь поверхностно – активным веществом, обладает эмульгирующим свойством. В качестве эмульгаторов применяют поверхностно-активные вещества типа аминов, диаминов, полиаминов и четвертичных аммониевых солей. Использование шлама позволит экономить дорогостоящий эмульгатор. По физико-механическим свойствам битумная эмульсия должна соответствовать нормам, приведенным в таблице 4.5.

Таблица 4. 5 – Физико-механические показатели битумных эмульсий

| Наименование показателя                                | Марка эмульсии                                |              |              |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------|--------------|
|                                                        | ЭБК – Б - 60                                  | ЭБК – С - 65 | ЭБК – М - 55 |
| Внешний вид                                            | Гомогенная жидкость темно – коричневого цвета |              |              |
| Содержание вяжущего с эмульгатором, %                  | 57,6 – 62,5                                   | 62,6 – 67,5  | 53,0 – 57,5  |
| Однородность по остатку на сите 0,63 мм, не более, %   | 0,5                                           | 0,5          | 0,5          |
| Условная вязкость по вискозиметру СТВ – 4 при 20 °С, с | 12                                            | 20           | 12           |
| Значение pH                                            | 2,0 – 3,0                                     | 3,0 – 4,0    | 2,0 – 4,0    |

Примечание: ЭБК-Б-60 – эмульсия битумная катионная быстро распадающаяся, с содержанием остаточного вяжущего от 57,6 до 62,5 %; ЭБК-С-65 – эмульсия битумная катионная среднераспадающаяся, с содержанием остаточ-



ного вяжущего от 62,6 до 67,5 %; ЭБК-М-55 – эмульсия битумная катионная медленнораспадающаяся, с содержанием остаточного вяжущего от 53 до 57,5%;

Весь эмульгатор в составе эмульсии можно заменить влажным (до 10 % воды) шламом продувной воды.

При производстве асфальтобетонных смесей и битумных эмульсий выделяются вредные вещества, содержание которых в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций, регламентированных СанПиН 11-19.

Таблица 4.6 – ПДК и класс опасности вредных веществ в воздухе рабочей зоны

| Наименование вещества      | ПДК, мг /м <sup>3</sup> | Класс опасности |
|----------------------------|-------------------------|-----------------|
| Бензапирен                 | 0,00015                 | 1               |
| Бензол                     | 15/5                    | 2               |
| Фенол                      | 0,3                     | 2               |
| Амины алифатические        | 1                       | 2               |
| Стирол                     | 30/10                   | 3               |
| Уксусная кислота           | 5                       | 3               |
| Ангидрид сернистый         | 10                      | 3               |
| Оксид углерода (II)        | 20                      | 4               |
| Пары углеводородов битумов | 300                     | 4               |

Примечание – в числителе приведена максимальная разовая, а в знаменателе – среднемесячная ПДК.

При приготовлении асфальтобетонных смесей должно соблюдаться требование в части ограничения величины выбросов загрязняющих веществ из асфальтобетонных установок в окружающую среду и содержания радионуклидов в исходных материалах. Нормы предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу необходимо устанавливать в соответствии с требованиями ГОСТ 17.2.3.02. Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, содержащихся в составляющих компонентах асфальтобетонных покрытий дорог и улиц, не должна превышать в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки 740 Бк/кг, вне населенных пунктов и зон перспективной застройки 1350 Бк/кг.

Для повышения качества асфальтобетона разработана технология повторного использования отходов кожанено-обувного производства и резиновой крошки для выпуска битумных материалов [20]. Резиновая крошка вводится в горячий битум, происходит ее набухание, обусловленное диффузией низкомолекулярных компонентов битума внутрь резины. Получается резинобитумное вяжущее. Асфальтобетон на основе резинобитумного вяжущего обладает пониженной жесткостью при отрицательных температурах, повышенной износостойкостью, стабильностью при хранении. Количество вводимой резины или отходов составляет 5–7 % от массы битума. Равномерно распределенные по объему асфальтобетона, частицы резины создают в нем развитую систему центров эластичности. Эти центры будут воспринимать часть внутри-

них напряжений асфальтобетона, особенно при отрицательных температурах. Благодаря высокой удельной поверхности, частицы резины структурируют битум, переводя его в ориентированное состояние в большей степени, чем минеральный порошок. Учитывая это свойство резиновой крошки, рекомендуется вводить ее в состав смеси как заменитель минерального порошка (доломитовой муки).

Свежеприготовленная смесь обладает значительной упругостью, плохо поддается уплотнению ввиду наличия крупных частиц резины, химически не связанных с молекулами битума. Для повышения качества смеси необходима ее выдержка в накопительных бункерах при  $140-160^{\circ}\text{C}$  в течение 2–3 часов. При этом происходит образование резинобитумного вяжущего в пограничном слое резина–битум, что приводит к уменьшению размеров частиц и улучшению свойств вяжущего.

Полученный асфальтобетон будет обладать повышенной эластичностью в широком интервале температур, более высоким коэффициентом сцепления к колес автомобиля с покрытием, пониженным шумом от движущихся автомобилей. Эффективно использовать такой асфальтобетон в верхних слоях покрытия, а также при строительстве слоев износа. Расход материала  $2,25-2,5 \text{ л/м}^2$ . После разлива вяжущего производят укатку мелкой каменной крошкой на толщину  $0,95-1,25 \text{ см}$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ежегодно на станциях обезжелезивания и ТЭЦ Республики Беларусь образуются тысячи тонн шламов, которые состоят в основном из нерастворимых оксидов, гидроксидов, карбонатов железа, кальция, магния, алюминия и являются ценным химическим сырьем. Их химический, фазовый, дисперсный состав может изменяться в широких пределах в зависимости от состава вод и способов их очистки. Образующиеся шламы вывозятся для складирования на специально отведенные полигоны или площадки и практически не утилизируются.

Вывоз шлама на полигоны имеет ряд недостатков:

- теряются ценные компоненты;
- непроизводительно используется техника для вывоза шлама;
- происходит загрязнение окружающей среды и, в первую очередь, природных вод, так как соединения металлов могут вымываться талыми и ливневыми водами и поступать в водоемы, включаясь в биологические циклы;
- организация и эксплуатация полигонов требует значительных затрат.

Разработанные технологии утилизации отходов с целью получения фасадной краски, цветной тротуарной плитки, строительных пигментов, асфальтобитумной смеси отвечают насущным задачам получения высококачественных строительных материалов, соответствуют современным требованиям, предъявляемым к дорожным покрытиям, и позволяет значительно улучшить экологическую ситуацию на территории водонасосных станций и ТЭЦ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Крешков А.П. Основы аналитической химии: Учеб. для студентов вузов. – 3-е изд., перераб. – М: Химия, 1970. – Т2. – 456 с.
2. Спиридонов В.П., Лопаткин А.А. Математическая обработка физико – химических данных. –М: МГУ, 1970. – 221 с.
3. Платонов А.П. Исследование осмотических и ионообменных свойств растворов полиэлектролитов: Автореф. дис...канд. хим. наук: 02.00.04 / Ин – т общ. и неорг. химии. – Минск, 1980. – 19 с.
4. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения: Учеб. для студ. хим. фак. ун – тов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа. 1981. – 656 с.
5. Платонов А.П. Анионный обмен в системе сетчатый анионит – раствор полиэлектролита // Ж. физической химии. – 1982. – Том 56, № 8 – С. 2058 – 2060.
6. Платонов А.П. Сравнительное исследование закономерностей гетеровалентного катионного обмена в системах с низкомолекулярным электролитом и полиэлектролитом // Ж. физической химии. – 1983. – Том 57, № 10 – С. 2602 – 2604.
7. Белоусов Е.Д., Усатова Т.А. Новая фасадная краска «Виана» // Пром. строит. материалов. – 1984. – №6. – с. 38 – 42.
8. Платонов А.П. Применение водорастворимого поликатионита для очистки промышленных вод красильно – отделочного производства / Витебский технолог. ин – т легкой пр – ти. – Витебск., 1983. – 5 с. – Деп. в БелНИИТИ 25. 06. 84. № 907 Бе – Д 84. - // Депонированные рукописи. – 1984. - № 11. – С. 59.
9. Крауклис В.К. Альбом колеров: Рекомендации по технологии выбора эталонов. – 5-е изд., переаб. и доп. – Л.: Стройиздат, 1985. – 184с.
10. Дринберг С.А. Ицко Э.Ф. Растворители для лакокрасочных материалов. – Л.: Химия, 1986. – 206 с.

11. Машегиров А.Д., Лийв Э.Х. Полимероемкость фасадных красок и пути ее уменьшения // Исследования по строительству. Строительная теплофизика. Долговечность конструкций: Сб. ст. – Таллин: Валгус, 1987. – С. 41 – 50.
12. Платонов А.П. Набухание ионитов АРА в растворах хлорида поливинилбензилтриметиламмония / Витебский технолог. ин – т легкой пр – ти. – Витебск, 1988. – 5 с. – Деп. в ВИНТИ 15. 01. 88. № 379 - В 84. - // Депонированные научные работы. – 1985. - № 5. – С. 18.
13. Платонов А.П., Ковчур С.Г., Солтовец Г.Н., Бордзиловский В.Я. Использование отходов промышленных предприятий для получения фасадных красок // Совершенствование технологических процессов, оборудования и организации производства в легкой промышленности и машиностроении: Сб. ст. – Минск: Университетское, 1994. С. 195 – 199.
14. Бордзиловский В.Я., Платонов А.П. Теоретические основы бесфосгенного синтеза органических изоцианатов, применяющихся для изготовления строительных материалов // Проблемы качества и надежности машин: Тез. доклад. респ. науч – технич. конф., Могилев, 4 – 5 окт. 1994 г./ Могилевский машиностр. ин – т. – 1994. – С. 76.
15. Платонов А.П., Ковчур С.Г., Солтовец Г.Н., Бордзиловский В.Я. Получение строительных материалов из отходов промышленных производств // Проблемы качества и надежности машин: Тез. доклад. респ. науч – технич. конф., Могилев, 4 – 5 окт. 1994 г./ Могилевский машиностр. ин – т. – 1994. – С. 110.
16. Платонов А.П., Бордзиловский В.Я. Получение строительных материалов на основе промышленных отходов // Вестн. ВГТУ. – 1995. - №1. – С. 57 – 58.
17. ТУ 17 – 2071665 – 1 – 95. Краска ПС; Введ. 01. 04. 95. – Минск: Белстандарт, 1995. – 9 с.
18. ТУ 17 – 2071665 – 2 – 95. Краска «Факрил»; Введ. 01. 09. 95. – Минск: Белстандарт, 1995. – 10 с.

19. Платонов А.П., Ковчур С.Г. Разработка технологии комплексной утилизации неорганических отходов, образующихся на водоочистительных станциях // Проблемы промышленной экологии и комплексная утилизация отходов производства: Тез. доклад. науч. конф., Витебск, 3 – 4 окт. 1995 г./ Вит. гос. технол. ун –т.– 1995. – С. 27 .
20. Платонов А.П., Ковчур С.Г. Разработка технологического процесса повторного использования отходов кожевенно – обувного производства для выпуска битумных материалов // Проблемы промышленной экологии и комплексная утилизация отходов производства: Тез. доклад. науч. конф., Витебск, 3 – 4 окт. 1995 г./ Вит. гос. технол. ун –т.– 1995. – С. 132 .
21. Пат. 1С1ВУ, МПК 6 – СО 9Д 127/06, СО 9Д 133/20. Композиция для покрытия / Платонов А.П., Ефременков М.Ф., Губанова Н.Е. - № 1543; Заявл. 15.02.1995; Опубл. 06.09.1996 // Афіцыйны бюлетэнь/ Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь. – 1996. - № 3. – С.22.
22. Платонов А.П., Губанова Н.Е. Получение строительных материалов на основе отходов водоочистительных станций // Тез. докл. 29- й науч.-техн. конф. препод. и студ. ВГТУ-, Витебск, 17 апр. 1996 г./ Вит. гос. технол. ун –т.– 1996. – С. 23 .
23. ТУ 17 – 2071665 – 1 – 97. Отходы водонасосных станций. Добавка к вяжущим строительным материалам; Введ. 01.09.97. – Минск: Белстандарт, 1997. – 6с.
24. Платонов А.П., Ковчур С.Г. Получение строительных материалов на основе отходов водонасосных станций // Совершенствование технологических процессов и организации производства в легкой промышленности и машиностроении: Сб. ст. – Витебск:: ВГТУ, 1997. – С. 140 – 142.
25. Платонов А.П., Ковчур С.Г., Атамалиева Л.А. Утилизация неорганических отходов, образующихся на водоочистных станциях // Технические вузы –

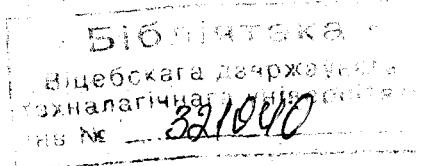
- республике: Материалы 52-й науч.-техн. конф. БГПА, Минск, 18 – 22 ноябр. 1997 г./БГПА. – 1997. – Т.6. – С.83.
- 26.Платонов А.П., Зиневич Н.И. Утилизация неорганических отходов, образующихся на водоочистительных станциях // Тез. докл. 30-й науч.-техн. конф. препод. и студ. ВГТУ-, Витебск, 21 апр. 1997 г./ Вит. гос. технол. ун – т.– 1997. – С. 34 - 35 .
- 27.Платонов А.П., Ковчур С.Г. Комплексная утилизация шлама, образующегося на водонасосных станциях // Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении: Сб. докл. науч.-техн. конф.: ВГТУ, Витебск, 1998 г. – С. 220 - 221 .
- 28.Платонов А.П., Ковчур С.Г. Разработка технологии утилизации отходов, образующихся на ТЭЦ г. Витебска // Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении: Сб. докл. науч.-техн. конф.: ВГТУ, Витебск, 1998 г. – С. 218 - 219 .
- 29.Платонов А.П., Ковчур С.Г. Атамалиева Л.А. Получение высококачественных строительных материалов на основе отходов водоочистительных станций г. Витебска и Витебской области // Природопользование и охрана окружающей среды. Результаты выполнения заданий по государственной программе: Сб. ст. – Минск: НАНБ, 1998. – С. 82.
- 30.Платонов А.П., Атамалиева Л.А. Исследование состава отходов водонасосных станций и их утилизация // Экология и молодежь: Материалы 1-й науч.-практ. конф., Гомель, 17 – 19 мар. 1998 г./ ГГУ. – 1998. – Т.1. – Ч.2. – С.11 – 12.
- 31.Платонов А.П., Ковчур С.Г. Комплексная утилизация отходов, образующихся на водонасосных станциях // Проблемы природопользования, экологического воспитания и образования: Материалы Российско – Белорусской экологической конф. ВГСХА, Великие Луки, 4 – 5 июня 1998 г./ ВГСХА. – 1998. – С.201 – 202.



32. Платонов А.П., Ковчур С.Г. Комплексная утилизация отходов, образующихся на ТЭЦ г. Витебска // Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении: Сб. ст. - Витебск: ВГТУ, 1999 г. – С. 215 - 218 .
33. Платонов А.П., Ковчур С.Г. Получение фасадной краски на основе акриловых полимеров с использованием отходов водоочистительных станций // Вестн. ВГТУ. – 1999. - №2. – С.105 – 107.
34. Платонов А.П., Ковчур С.Г. Использование отходов водоочистительных станций для получения высококачественных строительных материалов // Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении: Сб. ст. - Витебск: ВГТУ, 1999 г. – С. 209 - 214 .
35. Платонов А.П., Романовский В.В., Ковчур С.Г. Получение высококачественных фасадных красок на основе отходов промышленных предприятий Витебской области // Материалы 53-й науч.-техн. конф. БГПА, Минск, 1 – 6 февр. 1999 г. / БГПА. – 1999. – С.44.
36. Платонов А.П., Ковчур С.Г., Атамалиева Л.А., Кондратенкова В.А. Получение высококачественной фасадной краски на основе отходов водоочистительных станций // Материалы науч.-техн. конф. БГТУ, Минск, 20 – 22 окт. 1999 г. / БГТУ. – 1999. – С.34 – 36.
37. Платонов А.П., Кондратенкова В.А., Ковчур С.Г. Использование отходов, образующихся на ТЭЦ, для строительства автомобильных дорог // Сб. науч. ст. аспирантов ВГТУ. – Витебск: ВГТУ, 2000 – С.131 – 136.
38. Платонов А.П., Кондратенкова В.А., Ковчур С.Г., Дрюкова Г.Н. Получение цветной тротуарной плитки с использованием отходов станций водоподготовки // Природопользование и охрана окружающей среды. Результаты в выполнении заданий по государственной научно – технической программе: Сб. ст. – Минск: НАНБ, 2000. – С. 80.

39. Платонов А.П., Кондратенкова В.А., Ковчур С.Г., Дрюкова Г.Н. Разработка экологобезопасной и ресурсосберегающей технологии комплексной утилизации неорганических отходов водонасосных станций // Природопользование и охрана окружающей среды. Результаты выполнения заданий по государственной научно – технической программе: Сб. ст. – Минск: НАНБ, 2000. – С. 81.
40. Платонов А.П., Ковчур С.Г., Атамалиева Л.А. Утилизация отходов, образующихся при водоподготовке на ТЭЦ // Вклад вузовской науки в развитие приоритетных направлений производственно – хозяйственной деятельности, разработку экономичных и экологически чистых технологий и прогрессивных методов обучения: Материалы науч.-техн. конф. БГПА, Минск, 21 – 24 нояб. 2000 г. / БГПА. – 2000. – С.63.
41. Платонов А.П., Кондратенкова В.А., Ковчур С.Г. Получение асфальтобетона с использованием отходов, образующихся на ТЭЦ // Ресурсосберегающие экотехнологии: возобновление и экономия энергии, сырья и материалов: Тез. докл. 4-й межд. науч.-техн. конф., Гродно, 11 – 13 окт. 2000 г./ НАНБ. – 2000. – С.149.
42. Платонов А.П., Кондратенкова В.А. Утилизация отходов, образующихся на ТЭЦ // Тез. докл. 33-й науч.-техн. конф. препод. и студ. ВГТУ-, Витебск, 19 апр. 2000 г./ Вит. гос. технол. ун –т. – 2000. – С. 30 - 31 .
43. Платонов А.П., Кондратенкова В.А., Ковчур С.Г. Обоснование и разработка технологии утилизации неорганических отходов водонасосных станций // Вестн. ВГТУ. – 2001. - № 3. – С.87 – 89.
44. Платонов А.П., Ковчур С.Г., Кондратенкова В.А. Утилизация неорганических отходов водоочистительных станций водозаборов с целью получения высококачественных строительных материалов: Информ. Бюллетень / Бел. науч.-исслед. центр «Экология». – Минск., 2001. - № 1(29). – 24 с.

45. Платонов А.П., Кондратенкова В.А., Ковчур С.Г. Комплексная утилизация неорганических отходов водонасосных станций // Рециклинг вторичных ресурсов: Материалы науч.-техн. конф. БГТУ, Минск, 24 – 26 окт. 2001 г. / БГТУ. – 2001. – С.168 - 170.
46. Платонов А.П., Кондратенкова В.А., Ковчур С.Г. Разработка экологобезопасной и ресурсосберегающей технологии комплексной утилизации отходов ТЭЦ // Тез. докл. 34-й науч.-техн. конф. препод. и студ. ВГТУ-, Витебск, 18 апр. 2001 г./ Вит. гос. технолог. ун –т. – 2001. – С. 67 .
47. Кордигов В.Д. Разработка технологии пигментов и пигментов – наполнителей на основе железосодержащих отходов: Автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.17.01 / Бел. госуд. технолог. ун – т. – Минск, 2001. – 21 с.



НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Подписано к печати 23.05.02 Формат 1/16. Уч.-изд. лист 8,25  
Печать ризографическая, тираж 120, заказ № 192

Отпечатано на ризографе ВГТУ. Лицензия ЛП № 89 от 21 января 2001 г.

210035, Витебск, Московский пр-т, 72.