

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет транспортных коммуникаций  
Кафедра «Автомобильные дороги»

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ  
ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА**

для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги»

Составители: Савуха А.В., Козловская Л.В.

Рассмотрено и рекомендовано  
к государственной регистрации на заседании совета  
факультета транспортных коммуникаций  
« 19 » апреля 2021 г. Протокол № 9

Минск БНТУ 2021

## ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ

Электронный учебно-методический комплекс содержит:

### 1. Теоретический раздел

1.1 Конспект лекций «Производственные предприятия дорожного хозяйства».

### 2. Практический раздел

2.1 Материалы для практических занятий по дисциплине «Производственные предприятия дорожного хозяйства». Требования и рекомендации к выполнению курсовой работы

### 3. Раздел контроля знаний

3.1 Вопросы к экзамену.

### 4. Вспомогательный раздел

4.1 Учебная программа дисциплины «Производственные предприятия дорожного хозяйства».

### **Цели ЭУМК:**

- повышение эффективности образовательного процесса специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» по дисциплине «Производственные предприятия дорожного хозяйства»;
- внедрение перспективных технологий хранения и передачи информации в электронном виде.
- обеспечение открытости и доступности образовательных ресурсов путем размещения ЭУМК в локальной сети университета.

Структура ЭУМК содержит теоретический, практический, вспомогательный раздел и раздел по контролю знаний студентов.

### **Рекомендации по организации работы с ЭУМК:**

Необходим IBM PC-совместимый ПК стандартной конфигурации.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Конспект лекций «Производственные предприятия дорожного хозяйства».

### Раздел I. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

Тема 1.1. Основы организации производственных предприятий дорожной отрасли

### Раздел II. РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРНЫХ ПОРОД

Тема 2.1. Основы организации производственных процессов при разработке месторождений горных пород

### Раздел III. ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Тема 3.1. Камнедробильные заводы (КДЗ)

Тема 3.2. Добыча и переработка гравия и песка на гравийно-сортировочных заводах

### Раздел IV. ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Тема 4.1. Битумные базы

Тема 4.2. Эмульсионные базы

### Раздел V. ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ

Тема 5.1. Асфальтобетонные заводы (АБЗ)

Тема 5.2. Технология приготовления горячих асфальтобетонных смесей. Изготовление асфальтобетонных плит

Тема 5.3. Активация компонентов асфальтобетонных смесей

Тема 5.4. Приготовление на АБЗ теплых асфальтобетонных, холодных органоминеральных смесей и черного щебня. Переработка старого асфальтобетона

### Раздел VI. ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ

Тема 6.1. Цементобетонные заводы (ЦБЗ)

Тема 6.2. Организация складов ЦБЗ

Тема 6.3. Технология приготовления цементобетонных смесей и растворов

Тема 6.4. Заводы и полигоны для изготовления бетонных и железобетонных изделий

### Раздел VII. ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ДОРОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Тема 7.1. Основные положения и средства автоматизации

### Раздел VIII. ЭКОНОМИКА ДОРОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Тема 8.1. Основные положения по экономике производственных предприятий

## Раздел I. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

### Тема 1.1. Основы организации производственных предприятий дорожной отрасли

#### *Назначение и классификация производственных предприятий.*

В любом государстве для нормального функционирования всех отраслей хозяйства необходимо иметь развитую транспортную систему и, в частности, оптимальную сеть качественных автомобильных дорог.

Для создания новых транспортных связей строятся новые автомобильные дороги различных технических категорий. При стесненных финансовых возможностях это направление, как правило, имеет ограниченный характер.

Более развито другое направление – поддержание существующих дорог в хорошем работоспособном состоянии круглогодично, для чего требуется регулярно проводить работы по их ремонту и содержанию.

В обоих случаях необходимо иметь строительные материалы требуемого качества и в заданных объемах. С этой целью создаются специальные производственные предприятия, выполняющие указанные функции.

Производственные предприятия (ПП) дорожной отрасли – это ряд специализированных производств, имеющих комплекс сооружений, машин и оборудования, которые обеспечивают добычу и создание необходимых для строительства и ремонта дорог материалов, изготовление полуфабрикатов, штучных изделий и отдельных конструкций.

Производственные предприятия включают склады, прирельсовые и притрассовые базы, железнодорожные и другие пути сообщения, комплексы машин для изготовления каменных материалов определенных фракций, асфальто- и цементобетонных смесей; эмульсионные установки, а также здания и помещения для обслуживающего персонала.

Дорожно-строительные работы можно разделить на три основные группы:

- строительные-монтажные;
- заготовительные, включающие работу производственных предприятий, и складское хозяйство;
- транспортные.

Трудоемкость работ от общей потребности трудовых затрат в среднем составляет: для строительного-монтажных – 42%, заготовительных – 40%, транспортных – 18%.

Таким образом, трудовые затраты, связанные с работой производственных предприятий и складского хозяйства, имеют значительный удельный вес в общем объеме дорожно-строительных работ.

Работа производственных предприятий дорожной отрасли состоит в добыче и переработки материалов, в изготовлении полуфабрикатов и сборных конструкций и тому подобное.

В зависимости от сортамента и видео материалов, полуфабрикатов из сборных элементов организуются следующие производственные предприятия:

- карьеры для добычи и заготовки нерудных материалов;
- камнедробильные заводы и базы для переработки каменных материалов;
- базы и цеха для подготовки органических вяжущих и приготовления битумных эмульсий;
- асфальтобетонный цемента бетонная заводы для приготовления асфальтобетонных, цементобетонных и цементогрунтовых смесей;
- заводы и полигоны по изготовлению изделий и конструкций для сборного строительства.

Размещение производственных предприятий в районе нового строительства или в районе ремонтного обслуживания сложившейся сети дорог, выбор их числа, мощности и оборудования производится на основании проектов и технико-экономических расчётов.

В зависимости от мощности и времени нахождения на одном месте предприятия классифицируются на:

- постоянные;
- полустационарные;
- передвижные;

В зависимости от сложности технологического процесса предприятия могут быть частично автоматизированными или роботизированными, управляемыми по заданной программе.

Наличие на предприятиях большого числа машин и устройств требует материальной базы для их технического обслуживания, то есть организации хорошо оснащенных ремонтных мастерских.

Большую роль в обеспечении эффективной работы предприятий играют складского хозяйства с различным специализированным погрузочно-разгрузочным оборудованием. Общеизвестно, что наличие совершенных производственных предприятий обеспечивает требуемую надёжность строящихся и ремонтируемых автомобильных дорог, мостов и других искусственных сооружений. При этом сокращается стоимость строительства, сроки в ввода транспортных объектов в эксплуатацию.

*Определение мощности производственных предприятий.*

Мощность производственного предприятия ( $Q$ ) – это максимально возможная добыча или переработка исходных материалов (сырья), приготовление смесей (полуфабрикатов), изготовление изделий и конструкций в единицу времени

$$Q = \frac{\Sigma Q_i}{T}$$

Где  $\Sigma Q_i$  – количество выпускаемой предприятием продукции (т, м<sup>3</sup>);

T – фонд времени (месяц, квартал, год).

Производственную мощность предприятий определяют на основе наиболее полного использования средств производства, новых технологий, оптимальной организации труда, при соблюдении требований и правил противопожарной безопасности и охраны окружающей среды.

В расчётах производственных мощностей предприятия или цеха учитывают три вида фонда времени их работы: календарный, режимный, плановый.

Календарный фонд времени ( $T_{к.ф.}$ ) – сумма календарных дней в расчетном периоде (год, квартал, месяц).

Режимный фонд ( $T_{р.ф.}$ ) – время возможной продолжительности работы оборудования, исходя из принятого на данном предприятии режиме работы в соответствующем расчетном календарном периоде:

$$T_{р.ф.} = T_{к.ф.} - (T_{вых} - T_{пр} + T_{кл}),$$

Где  $T_{вых}$ ,  $T_{пр}$ ,  $T_{кл}$  – число выходных, праздничных и наработочных дней по климатическим условиям (не для всех предприятий).

Число смен полезной работы устанавливается на основании климатических условий с учётом выходных и праздничных дней, дней простоев машин по непредвиденным причинам и на проведение технического осмотра и ремонта, неблагоприятных дней по метеоусловиям.

Количество рабочих дней по каждому отдельному месяцу определяется по формуле

$$D_p = D_k - (D_1 + D_2 + D_n + D_{рем})$$

где  $D_p$  – число рабочих дней в месяце;

$D_k$  – число календарных дней в месяце;

$D$  – количество дождливых дней с учетом праздничных и выходных дней за этот период, определяется по формуле

$$D = D_1 \left( 1 - \frac{D_2}{D_k} \right),$$

Где  $D_1$  – количество дождливых дней, принимается:

Для 1 квартала = 0,6 или по 0,2 на месяц;

Для 2 квартала = 3,9 или по 1,3 на месяц;

Для 3 квартала = 4,7 или по 1,6 на месяц;

Для 4 квартала = 1,8 или по 0,6 на месяц;

$D_2$  – количество выходных и праздничных дней в месяце;

$D_n$  – количество дней простоев машин по непредвиденным причинам, принимается равным 3% от календарного времени за вычетом выходных и праздничных дней;

$D_{рем}$  – затраты на проведение ТО и ремонт, определяются по формуле

$$D_{рем} = \frac{(D_k - D_n) * K_{см} * T_{см} * P_{ч}}{1 + K_{см} * T_{см} * P_{см}}$$

Где  $D_n = D_1 + D_2 + D_n$ , т.е. сумма дней перерывов в работе по всем причинам, кроме ТО и ремонта;

$K_{см}$  – коэффициент сменности, примается:

Для 1 и 4 квартала  $K_{см}=1,0$ ;

Для 2 и 3 квартала  $K_{см}=2,0$ ;

$T_{см}$  – количество дней нахождения машин в ремонте, приходящееся на 1ч. Работы машин, принимается 0,0138.

Количество рабочих смен в месяце определяется по формуле

$$D_{рс}=D_{р}*K_{см}$$

При определении мощности учитывают работу и других возможных вспомогательных цехов (например, цех переработки старого асфальтобетона на АБЗ и др.).

*Теоретические основы технологий и контроля качества продукции на предприятиях дорожной отрасли.*

Основной эталон качества – стандарт, соблюдение которого является законом для любого производственного предприятия. Качество продукции - это совокупность свойств, определяющих возможность ее использования по назначению, ее потребительскую пригодность.

Критерий сравнения, который учитывает все показатели уровня качества и служит основой для его оценки, содержится в стандартах (ГОСТах). Качество продукции определяется совокупностью различных факторов, действующих на стадии проектирования продукции, производства и ее эксплуатации в сооружении, в конструкции дорожной одежды и др. Таким образом, качество продукции зависит не только от предприятия, выпускающего эту продукцию, но и от работы других предприятий поставщиков сырья, машин. Качество щебня, например, зависит от качества камня, который доставляют из карьера на камнедробильный завод.

Кроме того, качество зависит от правильно запроектированной технологии производства, выбранного оборудования, системы и средств контроля и испытаний, культуры производства.

Любой производственный процесс можно рассматривать с позиции оценки энергетических затрат. По существу, производственный процесс есть материальная система, рассматриваемая в динамике.

Производственный процесс имеет свои причины функционирования, движущие силы, текущие и выходные параметры. Производство продукции за время  $t$  характеризуется интенсивностью  $I$ , которая выражает скорость изменения энергии системы  $\mathcal{E}$  в единицу времени

$$I = \frac{d\mathcal{E}}{dt}$$

За время  $t$  происходит превращение энергии  $\mathcal{E}$

$$\mathcal{E} = \int_{t_j}^{t_{i+1}} I(t)dt = \mathcal{E}_n + \Delta\mathcal{E}$$

где  $t_{i+1}$  и  $t_j$  - момент времени начала и окончания процесса за время  $t$ ;

$\mathcal{E}_n$  - энергия на производство продукции данного технологического процесса;

$\Delta\mathcal{E}$  - производственные потери энергии.

Эффективность каждого технологического процесса в основном зависит от его организационного состояния, поскольку любое дальнейшее протекание процессов для получения готовой продукции связано с действием отдельных элементов системы, имеющих строгое количественное и качественное выражение энергии и свойств.

Предприятия дорожной отрасли обеспечивают строительство автомобильных дорог исходными материалами (песок, ПГС, щебень, МП и вяжущими) полуфабрикатами (а/б, ц/б - смесями, изделиями и конструкциями из бетона, железобетона и металла). Качество и надёжность данной продукции будет в значительной степени определять надёжность, прочность и долговечность автомобильной дороги в целом. Характеристики качества дорожного строительства являются случайными величинами и для изучения закономерностей, которым они подчиняются, следует применять методы теории вероятности.

В многочисленных исследованиях, которые проводились с целью установления основных критериев определения надёжности автомобильной дороги, было много различных предложений. Заслуживают внимания многолетние исследования, проведенные в МАДИ под руководством профессора Н.Н. Иванова, которые позволили установить взаимосвязь между общим состоянием дороги, прочностью ровностью дорожной одежды и скоростью движения поток автомобилей, как основного критерия общей надёжности автомобильной дороги. Наличие достаточно устойчивой связи между скоростью потока автомобилей, ровностью и прочностью дорожной одежды позволили принять в качестве одного из основных критериев надёжности дороги модуль упругости дорожной одежды, который представляет собой удобную для практического применения характеристику прочности и тесно связан с рядом качественных показателей дороги. Для оценки надёжности дорожной одежды применялись следующие показатели:

1. Коэффициент прочности дорожной одежды  $K_{пр}$

$$K_{пр} = \frac{E_{ср}}{E_{мп}}$$

где  $E_{ср}$  - средний фактический модуль упругости дорожной одежды в период её наибольшего ослабления, Мпа;

$E_{мп}$  – требуемый модуль упругости в соответствии с действующими нормативными документами, Мпа.

2. Надёжность дорожной одежды по прочности  $P(E)$  при различном состоянии и разном коэффициенте прочности  $K$ . вычисляется как отношение вероятной площади одежды, не подверженной разрушениям  $F_p$ , к общей площади одежды на данном участке  $F$ .

$$p(E) = 1 - \frac{F_p}{F}$$

$F_p$  - вероятная площадь дорожной одежды с разрушениями.

К недостаткам данной методики можно отнести трудности в оценке влияния каждой случайной величины на значения  $K_{пр}$ . и  $P(E)$ , особенно



строительстве автомобильной дороги. Заслуживает внимания оценка однородности по прочности коэффициентом вариации модуля упругости ( $C_E$ ).

$$C_E = \frac{\sigma}{E_{\text{ср}}}$$

где  $\sigma$  — среднее квадратичное отношение измеренных модулей упругости;  $E_{\text{ср}}$  - среднее значения модуля упругости на участке.

Применительно к производственным предприятиям дорожной отрасли, можно отметить:

1. Средние значения модуля упругости в значительной мере определяется прочностью каменных материалов, качеством минерального новым составом песка, свойствами вяжущих материалов, составом бетонов;

2. Равнопрочность продукции будет определяться тем, чтобы частные коэффициенты вариации не были выше допустимых значений.

Это обогащение щебня по прочности, применении активированных минеральных порошков, точность дозирования компонентов смеси в смесителях, строгое соблюдение режимов приготовления смесей (температурный режим, длительность перемешивания) и др.

Для АБЗ и ЦБЗ это должна быть полная механизация, автоматизация и компьютерное управление заводами.

Для поддержания на предприятиях высоких качественных показателей продукции необходим постоянный контроль этих показателей, т.е. должна четко работать система управления качеством продукции.

*Задача приготовления и перемешивания материалов на предприятиях дорожной отрасли.*

Искусственные дорожно-строительные материалы на основе вяжущих получили в науке наименование искусственных строительных конгломератов.

Этот термин правильнее отражает качество материалов, в которых заполнители цементированы в монолит.

Путем изменения зернового состава заполнителей, минералогического и химического составов вяжущего технологическими способами, введением добавок можно изменять и активно регулировать структуру и свойства конгломератов.

Технология производства искусственных материалов на основе вяжущих включает подготовительные работы; транспортирование и хранение в бункерах или силосах компонентов подготовленных материалов: дозирование; подачу их в смеситель; перемешивание точно отдозированных материалов; транспортирование смеси к месту использования; применение смеси для изготовления изделий или строительства оснований (покрытий).

Подготовительные операции сопутствуют почти всем технологическим процессам. Их задача состоит в раскрытии потенциальных свойств исходных компонентов, особенно смеси заполнителей и вяжущего.

На стадии подготовительных операций каждый компонент смеси по возможности получает наибольшее термодинамически активное состояние. В зависимости от разновидности приготавливаемого материала и его специфичности подготовительные операции могут включать: дробление, измельчение, сортировку, промывку, обогащение, физико-химическую обработку, придание однородности (гомогенности).

В соответствии с принципами физико-химической механики прочность и долговечность многокомпонентных материалов зависят от однородности их структуры. Неоднородность вызывает концентрацию напряжений в материале, поэтому прочность материала при прочих равных условиях тем выше, чем больше его однородность.

Однородность многокомпонентных материалов обеспечивается перемешиванием. Эта операция одна из наиболее ответственных при изготовлении битумоминеральных и цементобетонных смесей.

Перемешивание-наиболее важная часть структурообразования материалов на основе вяжущих. Наибольшее распространение получило механическое перемешивание в смесителях различной конструкции и различного принципа действия. При перемешивании сухих материалов (холодных, подогретых или горячих) происходит разрушение начальных связей между частицами с обеспечением их взаимной подвижности; равномерное распределение частиц в общей смеси с заполнением межзерновых пор более мелкими.

Порошкообразные материалы заполняют тонкие поры зернистой части смеси, а некоторая доля тонкодисперсных частиц порошка механически задерживается или самопроизвольно осаждается на зернах крупного материала. Процесс механического перемешивания благоприятствует этим явлениям понижения, устраняя на их пути соответствующие сопротивления в виде прослоек, трения и др.

Несколько по-иному протекает процесс механического перемешивания при введении в сухую смесь жидкой фазы. Процесс основан на закономерности обтекания твердых частей (зерен) фазы потоком жидкости. При различной скорости движения частиц фазы в среде возникают ламинарные потоки или турбулентные завихрения, в результате которых происходит отрыв пограничных слоев среды от поверхности твердых частиц.

Перемешивание отдозированных материалов является главной операцией процессов приготовления материалов, которая должна обеспечить полное объединение компонентов и получение однородной смеси.

Перемешивание - энергоемкий процесс. Поэтому одним из основных требований является уменьшение энергоемкости, что позволяет повысить производительность смесительных машин. Энергоемкость перемешивания зависит от свойств материалов и взаимодействия их с рабочими органами машин. Энергия перемешивания затрачивается на преодоление сил трения и сцепления между частицами перемешиваемых материалов, сил трения их о рабочие органы машин, сил инерции и вязкого сопротивления.

Величина сил трения и сцепления определяется свойствами поверхности частиц.

Обычно при перемешивании минеральные частицы покрыты пленками жидкой фазы — воды или органического вяжущего. Чем более вязкой является жидкая фаза, тем большие затраты энергии требуются для перемешивания. Регулируя вязкость жидкой фазы, можно уменьшить количество необходимой для перемешивания энергии. Такое регулирование осуществляется изменением температуры органического вяжущего.

При увеличении толщины водных пленок их прочность уменьшается, уменьшаются также силы трения и сцепления частиц и агрегатов между собой и с рабочими органами машин. Поэтому уменьшать энергоемкость процесса можно также, регулируя влажность материала.

Силы трения зависят от размера и формы частиц и кусков материала: при уменьшении размеров частиц они уменьшаются. Регулируя гранулометрический состав смеси, можно определенным образом влиять на энергоемкость перемешивания.

Неровная, шероховатая поверхность зерен материала, характерная, например, для щебня, увеличивает силы трения; гладкая поверхность, характерная для зерен гравия, уменьшает величину этих сил.

Силы инерции и силы вязкого сопротивления возрастают пропорционально скорости перемешивания: при снижении скорости перемешивания величина этих сил понижается, что приводит к уменьшению энергоемкости. Однако с уменьшением скорости снижается также и производительность оборудования. Поэтому рациональная скорость перемешивания должна определяться на основе технико-экономических расчетов.

При перемешивании минеральных материалов с органическими вяжущими обязательным условием является равномерное обволакивание вяжущим всех частиц и агрегатов. Эффективность обволакивания вяжущим материалом частиц минерального материала зависит от сил когезии и адгезии.

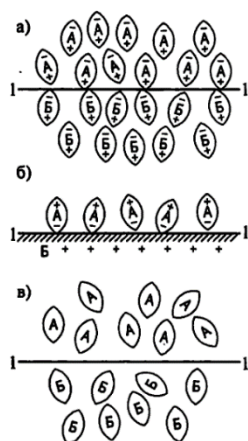
Когезией называется сцепление молекул вещества между собой в объеме тела. Силы, вызывающие это сцепление, называются силами когезии.

Адгезией называется прилипание двух разнородных жидких или твердых тел. Оно обуславливается молекулярными силами сцепления разнородных молекул, находящихся в поверхностном слое соприкасающихся тел (фаз). Эти силы называются силами адгезии.

Для обеспечения надлежащего качества перемешивания силы адгезии между минеральной частью и органическим вяжущим должны превышать силы когезии в вяжущем. Силы адгезии и когезии имеют электромагнитную природу и обуславливаются силами Ван дер Ваальса, химическими, водородными связями и др. При перемешивании органического вяжущего с минеральной частью основную роль играют силы межмолекулярного взаимодействия. Эти силы бывают трех основных типов. Ориентационное

взаимодействие имеет место в том случае, когда молекулы обоих контактирующих тел полярны и являются диполями (рис. 1.5). При этом возникают силы электростатического притяжения, величину которых определяет энергия взаимодействия.

В битумах силы когезии зависят преимущественно от содержания смол — с увеличением их содержания когезия возрастает. Поэтому для битумов второго и третьего типов когезия выше, чем для битумов первого типа. Определенное влияние на структуру битумов оказывают парафины;



**Рис 1.5. Характер сил прилипания в зависимости от природы молекул контактирующих тел. Взаимодействие молекул тел А и Б**  
 а – ориентационное взаимодействие (молекулы А и Б – полярные);  
 б – индивидуальное взаимодействие (знаком + обозначены наведенные заряды в теле Б);  
 в – дисперсионное взаимодействие (молекулы А и Б – неполярные).  
 1 - 1 – линия раздела фаз

последние в температурном интервале, при котором битумы пластичны, имеют кристаллическую структуру и уменьшают силу когезии. Когезия битумов различных приведена ниже. Силы взаимодействия между органическим вяжущим и минеральной частью являются в основном индукционными и дисперсионными.

Эти силы сравнительно быстро убывают при увеличении расстояния от поверхности минеральной части. Силы ориентационного взаимодействия можно уменьшать, увеличивая температуру вяжущего. Силы индукционного и дисперсионного взаимодействия не зависят от температуры вяжущего.

Основными путями регулирования структуры органических вяжущих и уменьшения сил когезии битума являются температурные воздействия и применение разжижителей. При нагреве органического вяжущего межмолекулярные связи между его компонентами ослабевают, нарушается структура вяжущего и облегчается перемешивание его с минеральной частью. После остывания структура и прочность битума восстанавливаются.

Применение низкомолекулярных малополярных разжижителей приводит к увеличению расстояния между активными компонентами вяжущего, ослаблению межмолекулярных сил и нарушению структуры битума. После испарения разжижителя структура вяжущего восстанавливается. О величине сил когезии и структуре вяжущего можно судить также по его вязкости. Чем меньше силы когезии, тем меньше вязкость вяжущего. На рис. 1.6 представлена зависимость вязкости битума под влиянием температуры и от добавки разжижителя (керосина).

Выбирая соответствующий тип битума и регулируя его структуру температурным воздействием или разжижителями, можно обеспечить наилучшую адгезию вяжущего с минеральной частью. Весьма эффективным средством увеличения адгезии является применение поверхностно- активных веществ (ПАВ).

Тип битума	Содержание смол, %	Содержание парафинов, %	Когезия, кг/см <sup>3</sup>
I	16,8	6,0	0,7
I	19,8	4,8	0,9
II	23,7	4,7	1,54
II	36,8	3,7	1,97
II	30,3	4,1	1,98
II	42,9	2,4	2,61
II	3,3	4,1	1,37
III	31,3	3,8	1,15

Взаимодействие с минеральной частью изменяет структуру и когезию битума в тонких слоях. Об активности влияния минеральной части можно судить по величине отношения когезии битума в тонком слое данной поверхности к когезии в тонком слое неактивной поверхности. Это отношение обычно называют мерой активности М. Соответствующие значения  $M_a$  для различных минералов, по данным А. С. Колбановской, приведены в табл. 1.4.

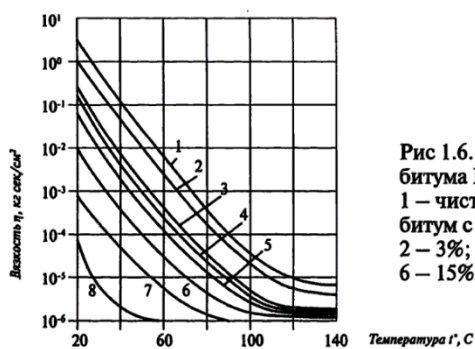


Рис 1.6. Зависимость между вязкостью битума БНД 90/130 и температурой:  
 1 — чистый битум;  
 битум с содержанием керосина;  
 2 — 3%; 3 — 5%; 4 — 10%; 5 — 12,5%;  
 6 — 15%; 7 — 20%; 8 — 30%.

На поверхности минералов, содержащих более 30% окислов тяжелых и щелочноземельных металлов, когезия битума возрастает с уменьшением толщины пленки. Такие минералы наиболее активны по отношению к битуму.

Следовательно, пленки органического вяжущего на поверхности минеральных частиц имеют измененную структуру, повышенные прочность и вязкость. Силы когезии в значительной мере влияют как на прочность материалов, так и на перемешиваемость смесей.

О величине сил адгезии можно судить по сцеплению битума с минеральной частью. Величина сил адгезии зависит и от минеральной части, и от структуры битума.

Породообразующие минералы и горные породы, содержащие 30-50% Окислов тяжелых и щелочноземельных металлов, имеют удовлетворительное сцепление с битумом; кислые горные породы с малым содержанием указанных окислов, либо совсем не содержащие их, имеют пониженное сцепление.

При перемешивании может происходить равномерное распределение вяжущих материалов или в отдельных случаях-образование скоплений (сепарация). Одной из основных задач технологии является выбор параметров, обеспечивающих преобладание процесса перемешивания над процессом сепарации.

Существуют следующие основные методы перемешивания материалов: свободное, осуществляемое при свободном падении частиц материала; принудительное-лопастями мешалок или фрез; Вибрационное, при котором частицам материала сообщается колебательное движение; комбинированное, объединяющее какие-либо из предыдущих методов.

Правильный выбор метода перемешивания может намного ускорить процесс перемешивания. Свободное перемешивание малоэффективно, особенно при перемешивании частиц твердой фазы с жидкой. Весьма эффективным является принудительное перемешивание. Вибрационное перемешивание мало эффективно при перемешивании минеральных материалов с вязкими жидкостями. Качество перемешивания значительно влияет на прочность и долговечность материалов. Прочность определяется не только средним значением показателей прочности, но и отклонениями от них. Чем больше величина этих отклонений, тем меньше значение расчетной прочности.

*Пути повышения качества приготовления искусственных дорожно-строительных материалов.*

Основными путями повышения качества приготовления искусственных дорожно-строительных материалов на основе вяжущих являются: применение прогрессивных технологий и способов их производства, обеспечивающих максимальное использование свойств вяжущих. Наряду с надлежащим качеством применяемых компонентов и обоснованным назначением состава материала, на формирование структуры, а следовательно, и на его свойства большое влияние оказывает технологический процесс приготовления компонентов смеси, входящих в состав искусственного материала.

Общие требования к технологическому процессу приготовления искусственных материалов на основе вяжущих предусматривают тщательную подготовку компонентов смесей и, если необходимо, промывку щебня, гравия, песка: сортировку заполнителей (щебень, гравий, песок) по требуемым размерам; обеспечение точной дозировки всех компонентов; их перемешивание.

Эффективным мероприятием по улучшению качества искусственных материалов на основе вяжущего является автоматизация и улучшение

управления качеством приготовления смеси, автоматизация подачи заполнителей из открытых штабелей, использование силосных складов, разработка способов и устройств регулирования продолжительности перемешивания в бетоносмесителях преимущественно принудительного и непрерывного действия.

Повышение качества цементобетонных смесей. Цемент представляет собой полидисперсную систему, содержащую большое количество агрегатированных (слипшихся) частиц. При самом совершенном смесительном оборудовании не удастся разъединить эти агрегаты и перемешать цементное тесто так, чтобы вода затворения была равномерно распределена между всеми частицами цемента для полного вовлечения их в процесс

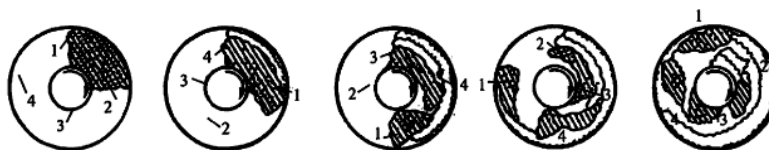


Рис 1.7. Схемы перемешивания компонентов смеси в барабанных смесителях циклического действия

гидратации. В процессе хранения цемент слеживается, появляются условия, способствующие агрегатированию его частиц. Реализация потенциальных вяжущих свойств цемента практически не удастся и в бетоносмесителях принудительного действия, так как из-за малых скоростей деформации, возникающих при перемешивании, нельзя предотвратить образования цементных микроагрегатов. Необходимы новые пути совершенствования процесса перемешивания, его интенсификации; конструкция смесителя должна предотвратить образование нежелательных агрегатов и обеспечить равномерное распределение компонентов смеси.

Для равномерного распределения компонентов в общем объеме замеса необходимо сообщить им такие траектории движения, которые обеспечивают наибольшую возможность их пересечения. Это возможно в том случае, когда частиц компонентов смеси имеют различные по направлению скорости и характер изменения движения во времени. Движение частиц можно представить как сочетание поступательного и вращательного движений вокруг какой-то оси в пространстве. Перемешивание как процесс состоит в том, что из зернистых материалов различной формы, размеров и происхождения образуется однородная смесь. Однородность приготовляемой смеси характеризуют тем, что любая проба, взятая в объеме, достаточно большом по сравнению с размерами самого крупного заполнителя, имеет один и тот же состав. Для создания однородной смеси необходимо, чтобы траектории отдельных компонентов пересекались с орбитами других компонентов; чем больше частиц вовлекается в такое движение, тем интенсивнее процесс перемешивания.

Интенсификации перемешивания достигают в современных высокоскоростных смесителях, позволяющих получить хорошую гомогенную смесь при перемешивании 10—30 с.

При перемещении ротора на одну четверть оборота (рис. 1.7.) лопасть 1 выбирает материал из первой четверти и переносит его вдоль траектории своего движения и в радиальном направлении к центру вращения. При повороте на следующую четверть оборота то же самое происходит и с лопастями 2, 3, и 4; разница лишь в том, что компоненты смеси могут переноситься не только к центру вращения, но и от него на периферию. Таким образом, после нескольких оборотов частицы распределяются между собой. Схема несколько упрощена, в действительности траектория движения частиц более сложная.

К перспективному способу относят активацию, которая позволяет не только экономить цемент, но и улучшает физико-механические свойства бетона. Технология предусматривает раздельное приготовление бетонной смеси, т. е. перемешивание заполнителей с цементным тестом, предварительно обработанным в активизаторе. Благодаря этому достигается максимальная гомогенизация смеси, увеличивается ее подвижность.

Важным элементом технологического процесса приготовления бетонных смесей является продолжительность перемешивания. При недостаточном перемешивании не будет достигнуто равномерное распределение компонентов, при большом времени перемешивания произойдет измельчение заполнителей, что вызовет повышение водопотребности смеси, а также расслоение состава вяжущих.

Длительность перемешивания зависит не только от частоты вращения смесительного барабана, но и от вместимости смесителя: чем она больше, тем дольше перемешивание. Согласно нормативным документам длительность перемешивания в смесителях принудительного действия находится в пределах 45—60 с, в гравитационных - зависит от вместимости барабана - 60—120 с.

Совершенную технологию приготовления смесей вые эффективные конструкции смесителей безлопастного типа с гибким корпусом для приготовления смесей различного назначения, в частности дисперсно-армированных.

#### *Повышение качества приготовления асфальтобетонных смесей.*

При приготовлении асфальтобетонных смесей необходимо соблюдение заданного температурного режима нагрева минеральных материалов и органических вяжущих. Температурный режим приготовления асфальтобетонной смеси определяют маркой битума, влажностью минеральных материалов.

Нагрев битума должен обеспечивать полное удаление содержащейся в нем влаги, что является необходимым условием хорошей адгезии битума к поверхности минеральных зерен, обволакивание минеральных зерен и



надлежащую подвижность асфальтобетонной смеси при распределении и уплотнении.

В сушильных барабанах асфальтосмесительных установок материал получает тепло: от соприкосновения с дымовыми газами; от факела форсунки; благодаря соприкасанию с деталями барабана. Наиболее распространен противоточный обогрев материала дымовыми газами, идущими навстречу холодному минеральному материалу.

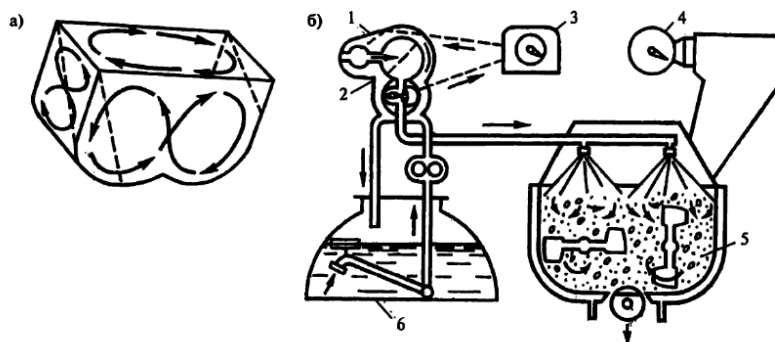


Рис 1.8. Методы перемешивания компонентов смеси:  
1 – дозатор; 2 – битумный насос высокого давления; 3 – расходомер;  
4 – дозатор; 5 – лопастной смеситель; 6 – цистерна с горячим  
обезвоженным битумом

Температуру нагреваемого материала контролируют по температуре отходящих газов из дымовой трубы, по горячему материалу, выходящему из сушильного барабана, и по готовой продукции - асфальтобетонной смеси. Такой контроль обеспечивает правильный нагрев материалов (щебня, песка) и хорошее качество смеси.

Качество перемешивания характеризуют главным образом однородностью смеси, равномерностью распределения в ней битума, что достигают применением современных и эффективных лопастных смесителей двухвальных (с большой скоростью вращения) и исключительным использованием принудительного перемешивания минерального материала с битумом. Такие смесители дают высокое качество перемешивания, универсальны, экономичны, позволяют регулировать технологический процесс в зависимости от вида выпускаемой продукции, а также точности и согласованности выполнения отдельных операций и допустимости автоматизации.

Высокой интенсивности перемешивания в таких смесителях достигают при поточноконтурной схеме движения компонентов смеси (рис. 1.8 а).

При этой схеме смешиваемые минеральные материалы и битум движутся по контуру корпуса смесителя под действием определенной системы расстановки лопастей.

Однородность смеси и равномерность распределения в ней битума обеспечивают также современной системой подачи вяжущего, которая весьма существенно влияет и на длительность цикла перемешивания, и на качество асфальтобетона.

Битум впрыскивается под давлением не менее 0,8-1,2 Мпа (рис. 1.8б) в перемешиваемый материал в тонко диспергированном состоянии (в виде аэрозоля). Такой способ интенсивного перемешивания компонентов смеси и подачи вяжущего сокращает время перемешивания при надежном обеспечении высокого качества. На повышение качества приготовления асфальтобетонных смесей значительное влияние оказывает физико-химическая активация.

## **Раздел II. РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРНЫХ ПОРОД**

### **Тема 2.1. Основы организации производственных процессов при разработке месторождений горных пород**

#### *Назначение и классификация карьеров каменных материалов.*

Для строительства и ремонта дорог требуется большое количество каменных материалов различного сортамента. Сюда относят: щебень, бутовый камень, брусчатку, бортовой камень, а также гравий и песок. Например, для строительства 1 км дороги II категории необходимо около 3,5 тыс. м<sup>3</sup> различных каменных материалов. При этом общие затраты на каменные материалы достигают 45-50 % от сметной стоимости дороги. Поэтому от эффективной работы предприятий, добывающих каменные материалы для строительства и ремонта дорог, в значительной мере зависит качество и долговечность транспортных сооружений различного вида.

Каменные материалы изготавливают из горных пород, добываемых в карьерах.

Карьер - это производственное предприятие дорожной отрасли для добычи и обогащения каменных материалов (камня, гравия, песка). Карьеры классифицируют по следующим признакам.

По виду горной породы и каменной продукции:

каменные;

гравийные;

песчаные;

песок и гравий;

валун;

промышленные отходы (металлургические шлаки и др.).

По продолжительности эксплуатации: промышленные (стационарные);

притрассовые (временные).

В таблице приведена классификация карьеров по видам продукции, способам обработки горных пород и каменных материалов. Обычная производительность промышленных карьеров составляет более 100 тыс. м<sup>3</sup> щебня в год. Они хорошо оборудованы, имеют достаточный уровень комплексной механизации и низкая себестоимость обеспечивают высокое качество продукции и производительность труда. Продукция карьера может транспортироваться на большие расстояния. Продолжитель-

продолжительность эксплуатации - до исчерпания запасов каменного сырья (обычно 10-20 лет).

Наименование карьеров	Добываемые горные породы	Вид конечной продукции	Способы обработки горных пород
Каменные	Изверженные, метаморфические, Осадочные(кроме обломочных)	Щебень, бут, штучный камень	Дробление, сортировка щебня, расплинтовка, распиловка, теска штучного камня
Гравийные	Обломочные	Гравий	Сортировка, обогащение
Песчаный	То же	Песок	То же
Песчано-гравийные	-	Гравий песок	-
Валунные	-	Щебень	Дробление, сортировка
Шлаковые металлургические	Промышленные отходы	Щебень	То же

Производительность подготовительных карьеров составляет менее 100 тыс. м<sup>3</sup> щебня в год. Продолжительность эксплуатации карьера в одном месте составляет не более 1-3 лет. Они имеют маломощное оборудование, что повышает себестоимость производства; качество продукции притрассовых карьеров уступает качеству промышленных.

Ниже приведены приблизительные данные об относительной себестоимости добычи промышленных и притрассовых карьеров в сопоставление средней стоимостью (в процентах).

	Камень	Щебень	Гравий	Песок
Средняя себестоимость	100	105	51	11
Себестоимость на притрассовых карьеров	108	149	105	19
То же, на промышленных карьерах	35	43	24	3

При разработке карьеров в комплекс горных работ входят в себя:

- а) подготовка;
- б) вскрышные породы (обнажение полезных ископаемых из покровных слоев);
- в) Добыча полезных ископаемых (дробление горной массы и погрузка горной массы в транспортные средства);
- г) транспортировка (доставка горной массы из карьера на перерабатывающие предприятия);

д) производство изделий заданных размеров и качества из горной массы (дробление, сортировка и очистка от примесей).

*Изыскания месторождений каменных материалов.*

Разработкам каменных материалов предшествуют изыскания, месторождения состоящие из двух этапов: поиск и детальная разведка.

Целью поиска обнаружить месторождение, определить тип и приблизительный объем горных пород, а также их пригодность для строительства дорог. Поиск любого масштаба начинается с анализа геологических карт, литературных источников и потребностей предприятий, использующих каменные материалы. Бурение скважин осуществляется в районах залежей полезных ископаемых. Ямы до глубины 2-3 м укладывают через 100 м. На основе собранных данных, составляется окулярная обзорная карта в масштабе 1:5000 и геологические разрезы; они используются для расчета запасов полезных ископаемых, которые целесообразно разрабатывать.

Целью детальной разведки является всестороннее изучение месторождения: качество, объем и условия залегания горных пород. Она включает в себя картографические, геологические и гидрогеологические работы. Для детальной разведки скважины бурятся на всю толщу полезного ископаемого. В процессе бурения отбираются образцы горных пород (керны) на глубину 3-5 м и определяются их физико-механические свойства:

название скалы;

минеральная плотность, г / см<sup>3</sup>;

плотность породы, г/см<sup>3</sup>;

водопоглощение, %;

износ в полочном барабане, % по массе и марка материала по износу;

марка материала по морозостойкости;

предел прочности при сжатии в сухом и водонасыщенном состоянии,

МПа.

В результате детальных изысканий устанавливают:

контуры полезного ископаемого по площади и глубине;

контуры вскрыши (горные породы, покрывающие полезное ископаемое при открытой разработке месторождений);

условия залегания горных пород (грунтовые воды и др.);

вид и качество горной породы наличие подъездных путей, энергоресурсов. По данным изысканий составляют план месторождения полезного ископаемого в масштабе 1:1000 - 1:2000, а также геологические разрезы. Геологическими разрезами и планами пользуются при подсчете объемов горных пород, выборе системы разработки и способов вскрыши, установлении рабочих параметров машин, обосновании способов транспортировки горных пород к месту их переработки. На основе изысканий на первой стадии разрабатывают проектное задание, на второй стадии - технический проект, рабочие чертежи и план горных работ карьера на весь срок эксплуатации. Для притрассовых карьеров техническую

документацию разрабатывают на одной стадии. К таким карьерам составляют календарный план горных работ и постоянную документацию к нему: топографический план месторождения в масштабе 1:1000 или 1:2000, расчеты запасов полезного ископаемого, разрешение на горный и земельный отводы. Разрешение на горный отвод (объем полезного ископаемого, планируемого для разработки) выдают исполкомы местных администраций по заявкам дорожно-строительных организаций. Земельный отвод оформляют после получения горного отвода. Разрешение на производство горных работ выдает районная горнотехническая инспекция; разрешение на эксплуатацию склада взрывчатых веществ - районное отделение милиции. Для производства карьерных работ необходимо иметь исполнительную документацию. К ней относятся: паспорт карьера, паспорт производства взрывных работ, паспорт склада взрывчатых веществ.

*Технико-экономическая оценка месторождений.*

Для каждого месторождения предварительно определяют технико-экономическую целесообразность организации карьера в данном месте. При этом учитывают следующие факторы:

возможность получения горного и земельного отвода для организации карьера и перерабатывающих механизмов и устройств при нем;

стоимость и длительность периода подготовительных работ;

качество горной породы (ее физико-механические свойства);

объем полезного ископаемого (в частности, получение ответа на вопрос: перекрывают ли запасы месторождения потребность дорожных организаций в каменных материалах);

наличие подъездных путей, удаленность карьера от трассы, дальность транспортировки продукции;

возможность снабжения карьера электроэнергией, водой, сжатым воздухом;

величины коэффициентов вскрыши  $K_B$  и пустых пород  $K_P$

$$K_B = \frac{V_B}{V}; K_P = \frac{V_P}{V}$$

где  $V$  - объем полезного ископаемого;

$V_B$  - объем вскрыши (пород, покрывающих полезное ископаемое);

$V_P$  - объем пустых пород (переходной слой выветриваемых скальных пород между вскрышей и полезным ископаемым), которые не используют как каменный материал.

Вскрышные и пустые породы отвозят в отвал. Чем больше значения  $K_B$  и  $K_P$ , тем значительнее затраты на вскрышные работы и выше себестоимость продукции карьера ( $C_{пр}$ ), определяемая по формуле

$$C_{пр} = C + K \times E$$

где  $C$  - себестоимость продукции, руб. за 1 м<sup>3</sup>

$K$  - удельные капиталовложения на 1 м<sup>3</sup> продукции, руб.;

$E$  - нормативный коэффициент экономической эффективности капиталовложений, равный  $1/T$ , здесь  $T$  - срок окупаемости

капиталовложений, который составляет 0,5 года для притрасовых и 3-5 лет для промышленных карьеров.

В тех случаях, когда вдоль участка строящейся дороги есть два или более месторождений каменных материалов примерно одинакового качества, но с различными условиями разработки сырья и разной средней дальностью транспортировки каменных материалов на трассу, себестоимость 1 м<sup>3</sup> материала (С) определяют с учетом затрат на транспортировку материала к месту работ. Если окажется, что удельные капиталовложения и себестоимость материала на месте его укладки для первого карьера меньше, чем второго, т.е.  $K_1 < K_2$ , и  $C_1 < C_2$ , то разрабатывают первое месторождение. Если же  $K_1 > K_2$ , а  $C_1 < C_2$ , тогда для решения вопроса об экономической эффективности разработки того или иного месторождения рассчитывают срок окупаемости капиталовложений для варианта с большими капитальными затратами:

$$T = \frac{K_1 - K_2}{C_2 - C_1}$$

Если окажется, что Т меньше нормативного срока, то разрабатывают первое месторождение.

*Разработка скальных горных пород.*

Основными процессами при разработке месторождений в карьерах являются:

подготовка карьера для разработки;

добыча породы;

транспортирование породы на перерабатывающие предприятия (камнедробильные и щебеночные заводы).

*Подготовка карьера для разработки.*

Комплексная подготовка карьера для разработки состоит из ряда работ по подготовке поверхности: подготовка поверхности площади месторождения и его осушение; удаление пустых пород, покрывающих полезные ископаемые; разупрочнение пород перед выемкой (механическим рыхлением или взрывом). Подготовка поверхности включает вырубку леса и кустарника, удаление задерживающего воду торфа, отвод воды за пределы карьерного поля; в случае необходимости, снос зданий и сооружений; перенос осветительных и силовых линий электропередач; перенос подземных коммуникаций. Для осушения месторождения и защиты его от вод поверхностного стока устраивают дренажные канавы, ограждают площади будущего карьера дамбами, бурят водопоглощающие скважины и устраивают подземные дренажи. Почти все месторождения природных каменных материалов залегают под слоями наносных пород, которые называют пустыми или вскрышными. Эти породы должны быть удалены до начала добычи полезного ископаемого. Пустую породу (вскрышу) обычно разрабатывают теми же машинами, что и при сооружении земляного полотна. При больших объемах вскрышных работ применяют роторные экскаваторы. Положение экскаватора в забое показано на рис. 2.2.

Вскрышные работы должны вестись с опережением, обеспечивающим безопасное ведение работ по добыче. Вскрышу требуется удалять очень тщательно: остатки вскрыши при разработке карьера смешиваются с основной продукцией и могут снизить ее качество. Поэтому после удаления вскрыши дополнительно зачищают вскрытое полезное ископаемое.

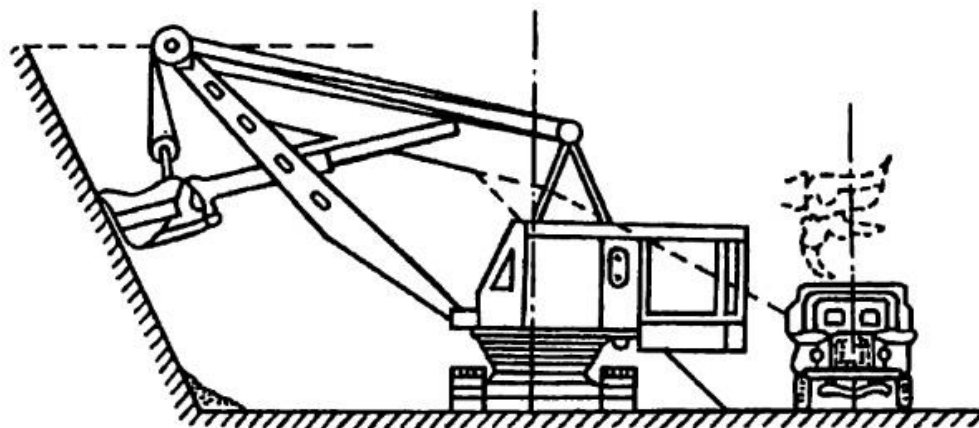


Рис 2.2. Положение экскаватора в забое

#### *Добыча горной породы.*

Извлечение полезного ископаемого производят слоями. В результате разрабатываемый массив горных пород приобретает форму уступов и в земной коре образуется пустое пространство. Каждый уступ имеет ряд элементов (рис. 2.3)

Поверхности, ограничивающие уступ по высоте, называют нижней и верхней площадками. Наклонную плоскость, ограничивающую уступ со стороны выработываемого пространства, называют откосом уступа, а угол наклона уступа к горизонтальной плоскости - углом откоса уступа. Линии пересечения уступа с нижней и верхней площадками называют нижней и верхней бровками. На площадках уступов производят выемку (разработку) горных пород.

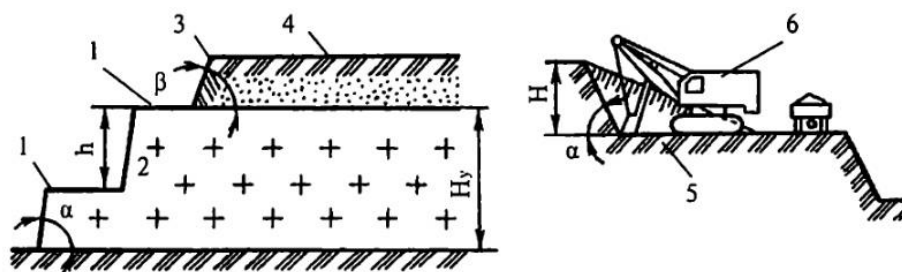


Рис 2.3. Элементы уступа: 1 – верхняя и нижняя площадки; 2 – откос уступа; 3 – бровка вскрыши; 4 – вскрыша; 5 – развал взорванной породы; 6 – экскаватор с прямой лопатой;  $\alpha$  – угол откоса уступа;  $\beta$  – угол откоса вскрыши;  $H$  – высота уступа

Здесь располагают выемочно-погрузочные машины и транспортные пути, необходимые для разработки уступа. Подготовленную для разработки часть уступа по длине называют фронтом работ уступа, а поверхность горных пород в пределах уступа, являющуюся объектом разработки - забоем. Для планомерной добычи породы и рационального использования строительных и транспортных машин месторождения разрабатывают слоями, в большинстве случаев - горизонтальными. Толщина и возможное число слоев зависят от мощности залежи и пустой породы; параметров оборудования и, прежде всего, выемочнопогрузочного. Выемку слоев всегда ведут сверху вниз, независимо от направления залегания горных пород. Залежи толщиной меньше 2-3 м разрабатывают одним уступом. Наклонные и крутопадающие залежи высотой 20-40 м разрабатывают в несколько уступов. При этом нарезка нового уступа связана с полной выемкой полезного ископаемого на вышележащем горизонте. Производственная мощность карьера определяется требуемым годовым выпуском продукции и выражается объемами добычи полезного ископаемого в плотном теле. Производственная мощность дробильно-сортировочных установок определяется по выпуску щебня и устанавливается расчетом по мощности дробилок последней стадии, которая должна составлять не меньше 80 % номинальной мощности головных дробилок. Производственная мощность дробильно-сортировочных установок гравийнопесчаных карьеров определяется по производительности дробильного и сортировочного оборудования на последней стадии. Необходимая для обеспечения производственной мощности карьера длина фронта горных работ вычисляется по формуле

$$L_{\phi} = f N_{э} \frac{P_{э}}{v_{\phi} H}$$

Где  $f$ - коэффициент;

$N_{э}$ - число рабочих экскаваторов на добыче

$P_{э}$  -плановый годовой объем, выполняемый одним экскаватором, м<sup>3</sup>/год;

$V_{э}$ - скорость продвижения фронта работ, м/ год

$H$ - высоты уступа, м

*Буровзрывные работы.*

Особенностью технологии разработки скальных пород являются буровзрывные работы. Взрывные работы в карьере выполняют с полным соблюдением Единых правил безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом и Единых правил безопасности при взрывных работах. Буровзрывные работы широко применяют при открытой разработке месторождений. Они включают в себя комплекс работ, связанных с использованием энергии взрывчатых веществ (ВВ). К взрывным работам в карьере для разрушения горного массива предъявляются требования: достаточная степень рыхления горной породы (размер кусков); развал взорванной породы (его размер и форма) должен соответствовать



применяемому экскаватору и транспортным средством; кроме того объем взорванной породы в забое должен быть достаточным для бесперебойной и производительной работы экскаватора, погрузочных и транспортирующих машин; комплекс буровзрывных работ должен обеспечивать высокую эффективность и безопасность горных пород. Степень подготовленности забоя характеризуется размерами кусков взорванной породы. При погрузке мелко раздробленной породы экскаватор имеет более высокую производительность, так как сокращается цикл экскавации и повышается степень наполнения ковша. Равномерное и мелкое измельчение скального массива позволяет применять ленточные транспортеры, которые обеспечивают поточность и автоматизацию горного производства. Таким образом, очень важным для производства выемочно-погрузочных работ и последующей переработки горной массы на камнедробильных заводах имеет допустимый линейный размер габаритного куска (Д), который определяется в зависимости: от емкости ковша экскаватора E, м<sup>3</sup>

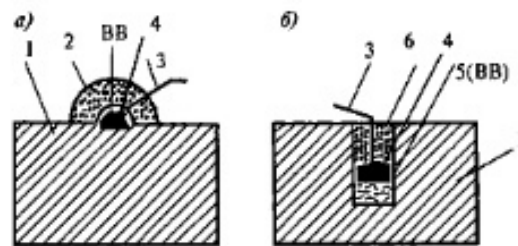
$$D \leq (0,5 - 0,6) \sqrt[3]{E}$$

От емкости кузова автомобиля V<sub>а</sub>, м<sup>3</sup>

$$D \leq 0,5 \sqrt[3]{V_a}$$

Рис 2.4. Схема разделки негабарита взрывом:

- а – накладным зарядом;
- б – зарядом в шпуре;
- 1 – горный массив;
- 2 – инертный материал;
- 3 – огнепроводящий шнур;
- 4 – капсюль-детонатор;
- 5 – заряд в шпуре;
- 6 – забойка



От ширины ленты транспортера В, мм

$$D = 0,5B + 200$$

От размера загрузочного отверстия дробилки(или бункера)А ,мм

$$D \leq (0,75 - 0,85)A$$

Куски горной породы, крупнее указанных, считают негабаритными и дробят непосредственно в забое (рис. 2.4). Нужной степени разрыхления горной породы в карьере достигают правильным процессом буровзрывных работ, соответствующим заряданием скважин, выбором способов взрыва, применением определенных ВВ.

*Выемка и погрузка горной породы.*

На эффективность выемочно-погрузочных работ влияют размеры кусков взорванной породы и развал горной массы. Размеры развала (рис. 2.5) - поперечная форма, ширина М и высота зависят от свойств породы в массиве, массы зарядов ВВ, расположения их относительно откоса уступа и в значительной степени от схемы расположения скважинных зарядов. Ширина развала М при однорядном взрывании (на рис. 2.5):

$$M = K_B \times K_{\beta} \sqrt{q \times H_y}$$

где  $K_v$  - коэффициент, характеризующий взрываемость породы (для легковзрываемых 2,5-3,3; средневзрываемых 4-4,5; трудновзрываемых 4,5-5,5);

$K$  - коэффициент, учитывающий угол наклона скважин к горизонту ( $K=0,25$ );

$H_u$  - высота уступа, м;

$q$  - расчетный удельный расход ВВ для зарядов рыхления, кг/м<sup>3</sup>. При выборе экскаватора с прямой лопатой (рис. 2.6) максимальную ширину заходки принимают равной: для рыхления и мягких пород - 1,5 радиуса черпания экскаватора на уровне стояния; для скальных, разрыхленных взрывом, при железнодорожном транспорте - 1,7 радиуса черпания, при автомобильном - 1,5-1,7. Запас разрыхленной породы на один работающий экскаватор должен быть не менее чем на 10 сут. В карьерах при разработке горных пород применяют скреперы для выполнения основных и вспомогательных технологических процессов. Преимущественное распространение они получают на вскрышных и рекультивационных работах, на снятии, транспортировании и складировании почвенного слоя. На открытых горных работах используют бульдозеры на гусеничном ходу мощностью 730 кВт и более для выемки россыпей, горных пород и залежей сложного строения. Бульдозеры могут разрабатывать разрыхленные горные породы.

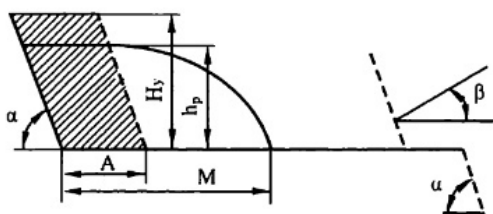


Рис 2.5. Схема и параметры развала породы, разрыхленной взрывом:  
 $H_y$  - высота уступа;  $h_p$  - высота развала;  
 $\alpha$  - угол уступа;  $A$  - глубина буровой заходки;  $M$  - ширина развала взорванной породы;  $\beta$  - угол расположения ВВ относительно площадки уступа (угол наклона скважин к горизонту)

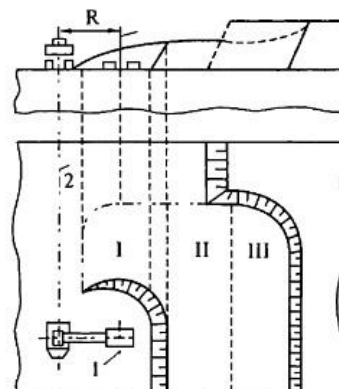


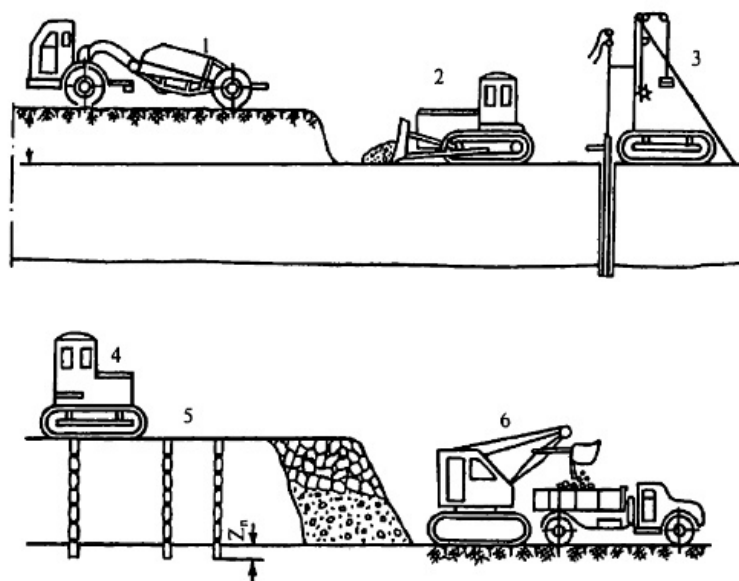
Рис 2.6. Схема выемки и погрузки взорванных пород в автомобили-самосвалы экскаватором с прямой лопатой:  
 1 - ось передвижения экскаватора;  
 2 - ось движения автомобилей-самосвалов;  
 $R_n$  - радиус погрузки экскаватора;  
 I-III - номера экскаваторных заходок

### Транспортные работы.

На карьерах используют различные виды транспорта: железнодорожный, автомобильный, ленточные транспортеры. Вид транспорта зависит от мощности и назначения карьера, его выбирают на

основании технико-экономического сравнения. Общая схема комплексной разработки каменного карьера показана на рис. 2.7.

Рис 2.7. Схема разработки каменного карьера:  
 1 – полуприцепной скрепер удаляет вскрышные породы;  
 2 – бульдозер зачищает остатки пустых пород;  
 3 – буровой станок с пневмопогружным перфоратором;  
 4 – зарядка скважин;  
 5 – взрывание скважин;  
 6 – добычные и погрузочные работы



Железнодорожный транспорт применяется главным образом на крупных промышленных карьерах. Его достоинства: возможность без перегрузки перевозить массовые грузы на большие расстояния при любых климатических условиях. Недостатки - значительные капитальные затраты на постройку пути и его эксплуатацию.

Стационарные и передвижные ленточные транспортеры обеспечивают удобное и ритмичное размещение материалов, легко автоматизируются и пригодны, когда дальность транспортирования небольшая (до 1 км) и размер кусков материала находится в пределах, допускаемых для ширины ленты применяемого типа транспортера.

Автомобильный транспорт наиболее распространен: он более маневренный и его применяют на карьерах любой мощности, как притрассовых, так и промышленных.

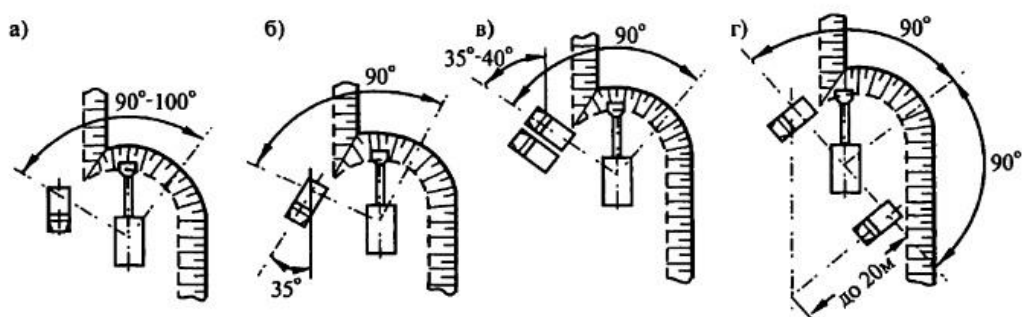
В правильной организации работы автомобильного транспорта существенную роль играет схема заездов и установка автомобилей под нагрузку (рис. 2.8). Схемы должны сократить до минимума затраты времени на маневры и загрузку, обеспечить непрерывную подачу и безопасность работ. Выбирая схему, необходимо учитывать, что погрузку следует производить при небольшом угле поворота стрелы экскаватора и оптимальном радиусе его работы (R)

$$R = (0,75 - 0,80)B$$

где B - наибольший радиус черпания экскаватором, м.

Ковш экскаватора при погрузке должен проходить наибольшее расстояние вдоль длинной стороны автомобиля, чтобы полностью загрузить кузов и уменьшить просыпание породы. Площадь забоя должна допускать свободную смену автомобилей с минимальной затратой времени. Экономическая дальность возки взорванной горной породы для

автомобилей-самосвалов составляет не более 3 км. Существующий способ учета вывезенной из карьера горной взорванной породы не совершенен. В течение смены учитывают только выработку автомобилей по их грузоподъемности и средней плотности камня, гравия и песка. При этом имеют место недогрузки автомобилей. Для учета загрузки автомобилей на карьере применяют автомобильные весы, весовые устройства, встроенные непосредственно в дорогу. Для автоматического учета и контроля возможна система учета, монтируемая непосредственно на самом автомобиле. Принцип работы такой системы состоит в следующем. Через датчики, размещенные под кузовом автомобиля, информация о его загрузке в виде электрических импульсов поступает в блоки учета веса и контроля загрузки. При достижении установленной нормы веса груза в кузове блок загрузки включает сигнальное устройство, оповещающее водителя и машиниста экскаватора о конце погрузки. В блоке учета нарастающим итогом ведется подсчет перевезенного автомобилем груза, что в конце смены отмечается в путевом листе. В случае необходимости система может быть дополнена автоматическим радиопередатчиком для передачи информации о загрузке автомобиля в диспетчерский пункт.



**Рис 2.8. Схемы подачи автомобилей-самосвалов под погрузку:**  
 а – односторонняя одинарная параллельная забою; б – односторонняя одинарная под углом к забою; в – односторонняя групповая; г – двусторонняя установка (наиболее эффективная в широких забоях)

### *Особенности разработки месторождений рыхлых(обломочных) пород.*

Кроме каменных материалов из природных скальных пород в дорожном строительстве используется огромное количество рыхлых природных каменных материалов - гравия и песка. Для их получения разрабатываются в основном притрассовые карьеры. Залежи, состоящие из смеси песка (более 50 %), гравия и валунов, называются песчано-гравийными месторождениями. При содержании песка в смеси менее 50 % месторождение называется гравийно-песчаным. Нормативно-техническими документами установлены четкие требования к песку и гравиям, применяемым в различных бетонах и конструкциях дорожных объектов. Гравийный материал получают сортировкой природных гравийно-песчаных смесей. Для дорожного строительства используют гравий размерами 5-10, 10-20, 20-40, 40-70 мм.

В гравии не должно быть более 10 % по массе слабых разновидностей пород (предел прочности при сжатии менее 20 МПа). Количество глинистых, илистых и пылевидных частиц не должно превышать 1 % по массе. Комплекс работ по добыче и переработке гравия и песка состоит из технологических операций: подготовительных, вскрышных, добычных и переработки сырья на готовую продукцию.

*Подготовительные и вскрышные работы.*

Эти работы ведутся так же, как и при разработке месторождений камня. Обычно мощность вскрыши гравийных и песчаных месторождений незначительна и составляет 1-3 м. В связи с этим технология и организация подготовительных и вскрышных работ значительно упрощается. Эти операции имеют две особенности: поскольку залежи этого сырья маломощны, разработка ведется в один уступ; обычно песок и гравий загрязнены различными примесями, снижающими их качество, что требует вводить операции по промывке и сортировке. Поэтому, при наличии вблизи водоемов, добычу и переработку материалов производят гидромеханическим способом. В этом случае сырье добывают без применения буровзрывных работ. В зависимости от горнотехнических и гидрологических условий гравий и песок добывают несколькими способами. Основным классифицирующим признаком способов добычи является степень обводнения месторождения. В сухих месторождениях, где полезное ископаемое находится выше уровня грунтовых вод, добыча осуществляется обычными способами, характерными для разработки грунтовых карьеров. Здесь используются различные землеройно-транспортные средства - экскаваторы в комплекте с транспортными средствами; скрепера, бульдозеры (как самостоятельно при малых расстояниях перемещения массы, так и в комплексе с транспортными средствами). Песок или гравий может предварительно загружаться в эстакадные бункеры, из которых затем они попадают в транспортные средства. Разработку осуществляют послойно и при необходимости проводят разрыхление с помощью рыхлителей. Структура залежей и средства механизации определяют мощность выемочных слоев. Различают выемку тонкими слоями (до 1-2 м), малыми (2-5 м), средними (6-20 м) и мощными (более 20 м) слоями. Технологические схемы разработки песчано-гравийных месторождений условно разделяют на три группы (рис. 2.9).

Схема I - песчано-гравийную массу частично или полностью перерабатывают в карьере 1 (в забоях) на передвижных камнедробильных установках 4. Готовую продукцию отгружают в карьере и доставляют непосредственно потребителю 3.

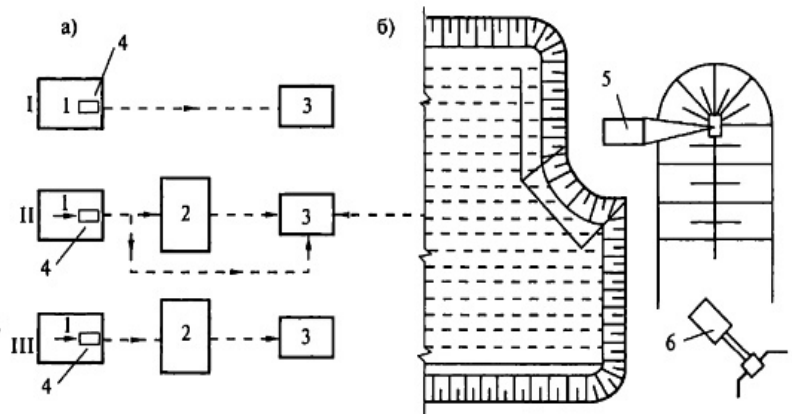
Схема II - песчано-гравийную массу из карьера 1 транспортируют на дробильно-сортировочную установку 4 или завод 2, откуда готовую продукцию отгружают потребителю 3.

Схема III - песчано-гравийную массу частично перерабатывают в карьере 1 на передвижных камнедробильных установках 4, куда горную

массу из карьера доставляют автомобилями. От полустационарной установки продукцию завода 2 доставляют конвейерным транспортом и автомобилями самосвалами, а оттуда - потребителю 3.

В сырых месторождениях, когда нижняя часть полезного ископаемого находится в воде, гравий и песок добывают в верхней сухой части такими же способами, как и для сухих месторождений. Обводненную часть карьера разрабатывают следующими способами. При незначительной площади обводнения и малой глубине воды в забое (1-1,5 м) песок и гравий можно добывать с применением грейферов. Добытую горную массу разгружают в штабель для промежуточного складирования, а затем - в транспортные средства. При большой площади обводнения и глубине воды 2-2,5 м эффективнее применять драглайны с обычной и удлиненной стрелами и дырчатым ковшом для стока воды. Вынутый материал штабелируют на необводненной части выработки. Иногда добытый гравий или песок разравнивают бульдозером для обезвоживания естественной просушкой.

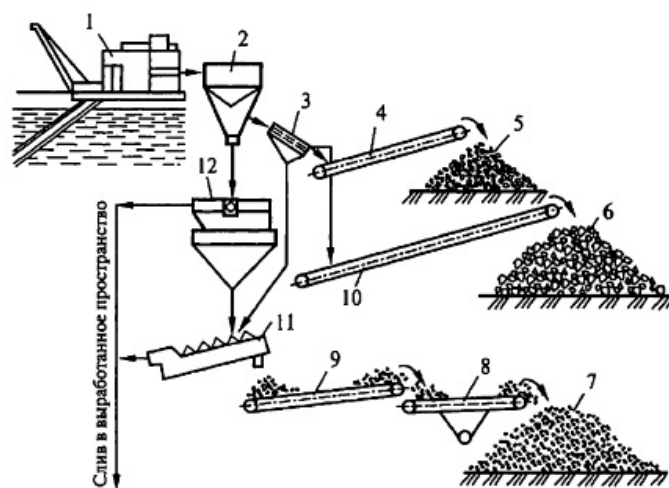
**Рис 2.9. Схемы разработки карьера песчано-гравийных месторождений:**  
 а - схемы разработки;  
 б - план карьера;  
 в - односторонняя групповая;  
 1 - карьер;  
 2 - завод; 3 - потребитель;  
 4 - передвижная камнедробильная установка;  
 5 - экскаватор-драглайн;  
 6 - экскаватор



При значительной площади обводнения и глубине воды более 2,5-3 м добычу песчано-гравийных материалов целесообразно вести землесосным снарядом (рис. 2.10). Гравий и песок намывают в штабеля высотой до 5 м, из которых их в дальнейшем разрабатывают. В мокрых месторождениях, когда верхняя часть забоя находится под водой, добычу гравия и песка ведут гидромеханизированным способом. Гидромеханизированный способ добычи гравия и песка в наибольшей мере соответствует требованиям комплексной механизации. Все технологические операции - добыча, гидротранспортировка, переработка - полностью механизированы. Гидромеханизированная добыча обеспечивает высокие производительность труда и качество продукции (получают промытый песок и гравий). Однако этот метод эффективен только при наличии больших запасов полезного ископаемого и воды. Применение гидромеханизации в маломощных притрассовых карьерах нецелесообразно.

Рис 2.10. Технологическая линия разделения песчано-гравийной смеси с помощью гидроспособа.

- 1 – земснаряд с земленасосом;
- 2 – гидрогрохот;
- 3 – виброгрохот;
- 4, 9, 10 – ленточные транспортеры;
- 5 – склад гравия (5 – 20мм);
- 6 – склад гравия (> 20мм);
- 7 – склад песка (0,14 – 5мм);
- 8 – штабелеукладчик;
- 11 – спиральный классификатор;
- 12 – сгуститель



### *Рекультивация земель, нарушенных открытыми горными работами.*

Одним из важнейших направлений в области охраны природы в зоне добычи каменных материалов из скальных горных пород и рыхлых обломочных месторождений, нарушенных в результате промышленной деятельности производственных предприятий (карьеров), является рекультивация земель после выработки месторождений (где работы велись открытым способом). Проект рекультивации должен быть увязан с проектом горных работ и согласован с основным землепользователем и органами государственного контроля за использованием земель и утвержден в установленном порядке. Вопросы рекультивации решаются для каждого карьера с учетом геологических, горнотехнологических и экономических факторов разрабатываемых месторождений, почвенно-климатических зон и ландшафта местности. Рекультивация земель производится в соответствии с Руководством по рекультивации земель, нарушаемых при дорожном строительстве. Целью рекультивации является приведение земель в состояние, пригодное для использования в интересах сельского, лесного, водного хозяйства, промышленного, гражданского, дорожного строительства.

Горнотехническая рекультивация предусматривает сдачу земель пользователям для последующей биологической рекультивации и должна предусматриваться при проектировании и в процессе эксплуатации не позднее чем в течение года после окончания разработки месторождения. В состав горнотехнической рекультивации земель включают: снятие плодородного слоя почвы и хранение во временных отвалах с площадей, отведенных под горные работы и отвалы вскрышных пород; планировку отвалов с целью образования удобных для рекультивации местности и строительства подъездных дорог, дренирование и другие мелиоративные мероприятия;

отсыпку на рекультивированную поверхность плодородного слоя почвы и его планировку;

другие инженерно-технические решения.

Горнотехническую рекультивацию земель, нарушенных открытыми горными работами, проводят организации, разрабатывающие месторождения, своими силами и за свой счет.

Расходы на рекультивацию должны быть предусмотрены в смете на разработку месторождений.

## **Раздел III. ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

### **Тема 3.1. Камнедробильные заводы (КДЗ)**

Добытые камень, гравий и песок почти никогда не могут быть использованы сразу по своему назначению. Исключение составляют качественные материалы, удовлетворяющие ТУ, и оптимальные гравийно-песчаные смеси. В большинстве случаев необходимо освободить горную породу от примесей - часто бесполезных (пустые породы), а иногда просто вредных (глинистые частицы, пыль). Поэтому для получения нужной продукции почти все каменные материалы из карьеров поступают к потребителям с переработкой на дробильно-сортировочных заводах. Переработка каменных материалов состоит из технологических процессов: предварительной сортировки, дробления, грохочения и обогащения. Производство щебня состоит в последовательном выполнении приведенных операций, составляющих технологический процесс получения нерудных строительных материалов. Цель предварительной сортировки - отделение от горной массы мелких кусков породы, по своим размерам не требующих дробления, а также крупных кусков, которые не проходят через зев дробилки. Сортировка производится на грохотах(отделителях).

#### *Дробление.*

Цель дробления горной массы на щебень - раздробить крупные куски до заданных размеров. Эта операция самая трудоемкая. Показателем степени дробления является коэффициент дробления горной массы

$$i = d_1/d_2$$

где  $d_1$ ,  $d_2$  - наибольший размер породы до и после дробления. Величина  $d$  определяется размером приемного отверстия дробилки  $B$ . Работа дробилки возможна при подаче в нее камня размером  $d < 0,8B$ . Степень дробления зависит от типа дробилки, прочности структуры камня и заданных размеров фракций. Чем выше степень дробления продукции, тем больше затраты работы на дробление и ниже производительность дробилки. Для достижения высокой степени измельчения чаще всего требуется многостадийное дробление, при котором материал для получения заданного фракционного состава пропускают два-три раза через одну и ту же дробилку или последовательно через две-три разные дробилки. Для дробления применяются щековые, валковые, конусные, молотковые, роторные и



центробежные дробилки. Щековые с простым качанием щеки применяют для первичного дробления; щековые со сложным качением, конусные, молотковые, роторные и валковые - для вторичного дробления; для дробления третьей ступени применяют конусные, молотковые, роторные и центробежные дробилки. Щековые дробилки с простым качением используют для крупного дробления каменных материалов различной прочности. Для среднего дробления используют щековые дробилки со сложным качением (степенью измельчения  $i = 3 \div 5$ ). Они на 20-30 % производительнее обычных щековых дробилок, имеют примерно в два раза меньшую металлоемкость, однако у них короткий срок службы футеровки щек. Для дробления очень прочных пород применяют дробилки с крутым подвижным усеченным конусом (гирационные). Они потребляют мало электроэнергии, имеют очень высокую производительность (100-1000 м<sup>3</sup>/ч), однако их недостатками является сложная конструкция и большие габариты. Для крупного дробления очень прочных пород эффективны короткоконусные дробилки. Они имеют высокую производительность (40-310 м<sup>3</sup>/ч), простое устройство, обеспечивают значительную степень измельчения ( $i=10 \div 15$ ). Эффективность работы дробилок оценивают удельным расходом энергии ( $\mathcal{E}$ ), т.е. расходом энергии на дробление определенной массы (в тоннах) дробленого продукта.

$$\mathcal{E}_{уд} = E/Q$$

где E - энергия, затраченная на дробление, кВт-ч;

Q- количество дробленого продукта, произведенного дробилкой в час.

Процесс получения щебня заданных размеров предполагает осуществление одновременно двух операций: дробление исходной горной породы на куски и классификацию этих кусков по размерам частиц с помощью грохочения. Таким образом, цель грохочения щебня - разделение дробленой породы на заданные фракции. В дорожном строительстве размер фракций щебня стандартизирован: 5-10, 10-20, 20-40, 40-70 мм. Грохочение производят на грохотах. Эффективность грохочения оценивают коэффициентом грохочения  $K_{г}$

$$K_{г} = \frac{M_1 - M_2}{M_1}$$

где M1 - количество фракций, прошедших через сито, м<sup>3</sup>,

M2 - количество фракций, не прошедших через сито, м<sup>3</sup>.

При  $K_{г} = 1$  достигается наивысшая эффективность грохочения. Наиболее распространено механическое грохочение на плоских криволинейных поверхностях (ситах). Сыпучую смесь, поступающую на сортировку, называют исходным материалом (продуктом). Куски (зерна), которые превышают размер отверстий грохота, остаются на его поверхности, их называют над решетным продуктом; зерна, прошедшие отверстия сит, представляют собой под решетный продукт. Общая степень последовательного дробления  $i_0$  равна

$$i_0 = i_1 i_2 i_3$$

Процесс дробления называется открытым, если горная масса проходит через дробилку один раз и закрытым, если отсеянные куски, не прошедшие через грохот, направляются для повторного дробления на ту же дробилку. Схемы (варианты) дробления приведены на рис. 3.1, а простейший КДЗ на рис. 3.1 а. Для конкретных дробилок в заводских паспортах указывается график выхода сортов щебня в зависимости от ширины выходной щели дробилки для условно принятой характеристики (типа) горной породы. При выборе технологической схемы дробления учитывают тип перерабатываемой горной породы. Таких основных типов три:

I - однородные магматические горные породы (граниты, диориты, сиениты и др.) с пределом прочности при сжатии 600 МПа и более. Породы чистые или загрязненные легкопромывистыми включениями.

II - прочные однородные осадочные породы (известняки, доломиты и др.) с пределом прочности при сжатии 60-200 МПа и более) незначительно загрязненные.

III - неоднородные слабые породы (10-150 МПа) и значительно загрязненные труднопромываемыми загрязнениями.

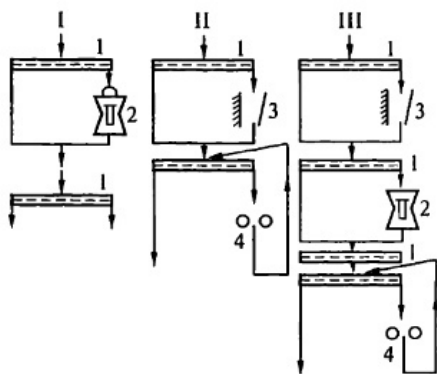


Рис 3.1а. Схемы дробления:  
I, II, III – одно-, двух- и трехстадийные;  
1 – грохот; 2 – конусная дробилка;  
3 – щековая дробилка; 4 – валковая дробилка

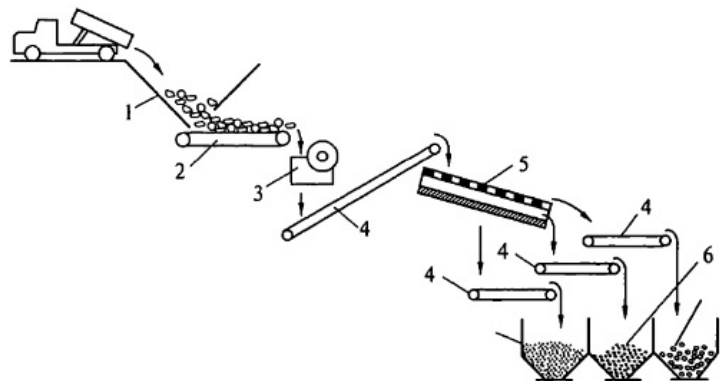


Рис 3.1б. Простейший дробильно-сортировочный завод:  
1 – приемный бункер; 2 – питатель;  
3 – дробилка; 4 – ленточные транспортеры;  
5 – грохот; 6, 7, 8 – бункера для мелкого, среднего и крупного продуктов дробления

### Качественные и количественные схемы дробления.

С целью облегчения разработки технологического процесса составляют количественные и качественные схемы дробления. Количественная схема показывает технологическую последовательность движения каменных материалов различных фракций (в %) в процессе переработки горной массы. На рис. 3.2 приведена количественная схема открытой двухступенчатой переработки горной массы на щебень. Как видно из схемы, на колосниковый отделитель из карьера подается горная масса кусками размером не больше

650 мм. При сортировке отделяется 5 % фракций размером менее 70 мм, не требующих дробления. Остальные 95 % фракций размером 650-70 мм поступают в дробилку первичного дробления, которая перерабатывает их на фракции менее 130 мм. После просеивания на грохоте 60 % фракций размером 0-70 мм поступают на окончательное грохочение, а 35% фракций размером более 70 мм дробятся на второй дробилке до размеров 0-40 мм и далее на грохот поступают для окончательного грохочения.

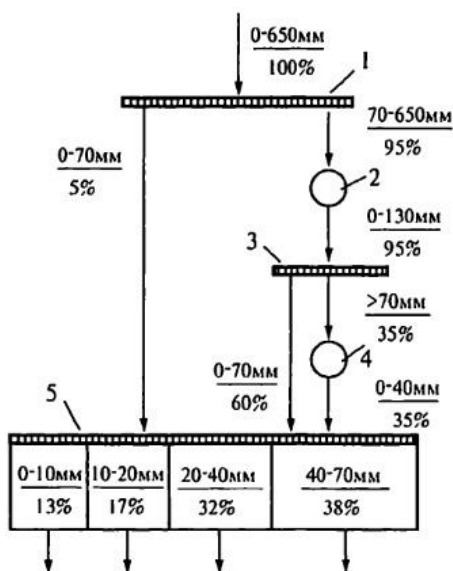


Рис 3.2. Количественная схема открытого двухступенчатого дробления щебня:

- 1 – колосниковый отделитель;
- 2 – дробилка первичного дробления;
- 3 – грохот предварительного отсева;
- 4 – дробилка вторичного дробления;
- 5 – грохот окончательного отсева

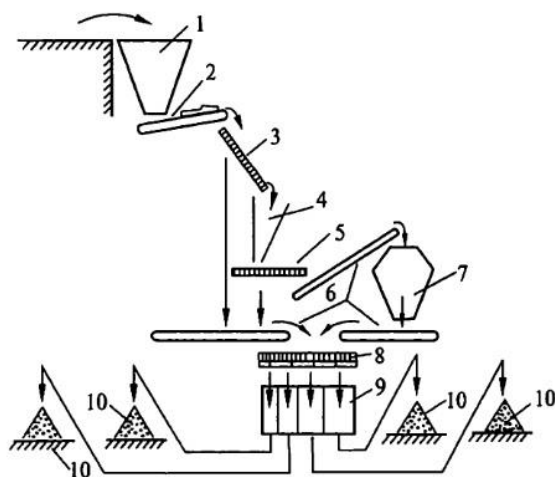


Рис 3.3. Качественная схема дробления щебня:

- 1 – загрузочный бункер; 2 – питатель;
- 3 – колосниковый отделитель;
- 4 – щековая дробилка первичного дробления; 5 – грохот предварительного отсева; 6 – транспортеры;
- 7 – конусная дробилка вторичного дробления;
- 8 – грохот окончательного отсева;
- 9 – бункеры; 10 – склады

В результате просеивания щебня получают фракции заданных размеров: 0-10, 10-20, 20-40 и 40-70 мм. Качественная схема показывает технологическую последовательность движения каменных материалов от агрегата к агрегату для получения продукции заданного фракционного состава и в заданном количестве. На рис. 3.3 приведена качественная схема двухступенчатого дробления каменного материала. Объединение количественной и качественной схем представляет собой общую технологическую схему процесса переработки горной массы. На рис. 3.4

показана технологическая схема открытого двухступенчатого дробления горной массы на щебень на передвижной установке. Бутовый камень размерами 340 мм доставляют из карьера автомобилями самосвалами и загружают в бункер. Горная масса по пластинчатому питателю поступает на колосниковый отделитель и разделяется на две группы. Фракции 70-340 мм дробятся на первичной щековой дробилке до размеров 0-70 мм, затем поступают на транспортер. Сюда же подают фракции 0-70 мм, прошедшие без дробления через отделитель. Все эти процессы выполняются на самостоятельном агрегате первичного дробления.

В настоящее время возросли потребности строительства в чистом щебне и гравии. Однако разрабатываемые в карьерах каменные материалы могут быть загрязнены пылеватыми частицами и глиной. Для удаления мелких частиц применяют сухую и мокрую очистку. Сухая очистка сводится к нескольким перегрохочениям и отделению фракций с размером частиц менее 3 мм. Однако она малоэффективна: глинистые частицы не удаляются с поверхности дробленого материала. Поэтому основной прием очистки от глины - водная промывка. В месторождениях изверженных и метаморфических пород глинистые включения отсутствуют, поэтому в технологических операциях переработки таких пород промывку предусматривают только при значительном содержании пылеватых и глинистых частиц. При дроблении горной массы глина не разрушается до состояния, в котором ее можно удалить с отсевом. Признано, что лучшее качество очистки достигается промывкой щебня водой. При грохочении щебень промывается на каждом сите, а затем обезвоживается просушкой.

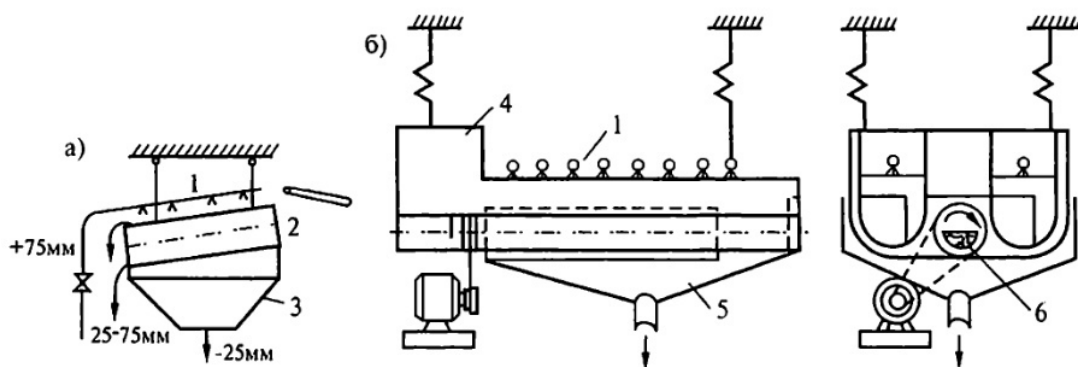


Рис 3.5. Схемы промывки материалов:

- а – на виброгрохоте с разделением на фракции; б – на вибромойке;  
 1 – брызгала; 2 – виброгрохот; 3 – бункер; 4 – промывочный желоб;  
 5 – сборник загрязненной воды; 6 – вибратор.

Степень промываемости материала оценивают по удельному расходу энергии на эту операцию ( $\mathcal{E}_{уд}$ ):

$$\mathcal{E}_{уд} = E/\Pi$$

где  $E$  - энергия, Квт-ч., необходимая для промывки единицы материала ( $m^3$ );

$P$  - производительность моечной машины,  $m^3/ч$ . В зависимости от величины  $E_{уд}$  можно выбрать тип промывочной машины. Легко промываемые материалы, на промывку которых расходуется мало энергии, могут быть промыты на простых плоских виброгрохотах.

Для трудно промываемых материалов необходимо использовать сложные промывочные машины с более интенсивным воздействием. Эффективность промывки возрастает с увеличением расхода воды, однако, это происходит до некоторого предела. Существуют дополнительные способы: 1) повышение температуры воды, что способствует более интенсивному растворению веществ, связывающих глинистые частицы; 2) добавление электролитов, вследствие чего ослабление связи частиц между собой еще более возрастает. Это объясняется тем, что глина становится более пористой, менее гидростойкой и легче диспергируется в воде. При расходе электролита до 1% в расчете на сухую массу глины время ее размыва сокращается в 1,5-2 раза. Выбор средств промывки зависит от крупности промываемого материала, его твердости, степени загрязнения, требований ТУ, ГОСТ к готовой продукции. Промывка значительно удорожает готовую продукцию, поэтому для крупных фракций ее допускают только при обоснованных требованиях. Схемы промывки материалов показаны на рис. 3.5. При переработке гравийно-песчаной смеси, загрязненной легко промываемыми включениями, используют промывочные виброгрохоты с одновременным разделением материала на нужные фракции (рис. 3.5а). Эффективна также сортировка и обогащение гравийно-песчаной смеси с помощью вибрационной мойки (рис. 3.5б). Вибрационная мойка сверху имеет два открытых перфорированных желоба с отверстиями диаметром 15 мм. Между желобами жестко крепится вибратор, вал которого соединен с промывочными желобами. Вся система подвешивается к раме стальными тросами с пружинами. Над желобами параллельно им расположена система труб с брызгалами. Вибромойку устанавливают с небольшим уклоном в сторону выгрузки материала. Перед выходом материал дополнительно промывается и обезвоживается. Загрязненная глиной вода уходит через отверстия днища в сборник. Воды расходуется 0,70-0,90  $m^3/ч$  на 1  $m^3$  исходного материала. С увеличением крупности материала пропускная способность мойки увеличивается. Такая промывка более эффективна, чем корытная мойка.

#### *Гидравлическое обогащение (классификация)*

Гидравлические классификаторы относят к группе гравитационных аппаратов, в которых вода служит средой, разделяющей зернистый материал на сорта по крупности частиц. Пример вертикального классификатора приведен на рис. 3.6. Процесс гидроклассификации происходит следующим образом. Песчано-гравийную смесь подают в классификатор через нижний парубок 6, и, пройдя диффузор 3, она поступает в обогатительную камеру 2, площадь сечения которой намного больше площади верхнего сечения

диффузора. Поэтому скорость восходящего потока смеси значительно уменьшается, что влечет за собой выпадение наиболее крупных частиц, которые попадают из обогатительной камеры 2 в классификационную 4. Классификационная камера расположена между диффузором 3 и внешней оболочкой аппарата.

В классификационную камеру 4, в нижнюю ее часть, подают из водонапорной башни чистую воду под напором через патрубок 5. Вода образует в камере восходящий поток, в котором материал разделяется по заданному граничному зерну. Частицы песка, скорость падения которых меньше скорости восходящего потока, через верхний сливной коллектор по трубе 1 отводятся в шлам, а крупный продукт, выпавший из классификационной камеры 4, обезвоживается и транспортируется на склад. Такая гидроклассификация позволяет разделить материал на два размера по одному граничному зерну. Граница разделена в пределах от 0,5 до 3 мм.

#### *Обогащение щебня по форме зерен.*

Щебень кубовидной формы получают на виброгрохотах с щелевидными ситами, грануляцией щебня в роторных дробилках ударного действия и в барабанных грануляторах (рис. 3.7). Получение кубовидного щебня показано на рис. 3.7 а. Обогащение щебня в барабанном грануляторе состоит в том, что при вращении барабана продукт крупностью до 150 мм захватывается лопатками и поднимается наверх. Не достигая верхней точки барабана, куски падают вниз на слой материала.

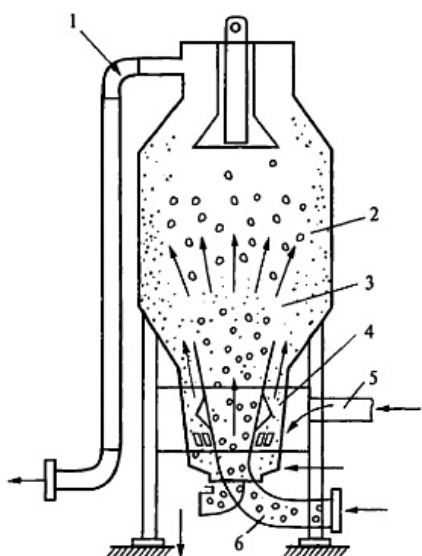


Рис 3.6. Схема промывки и классификации песчано-гравийной смеси в вертикальном гидроклассификаторе

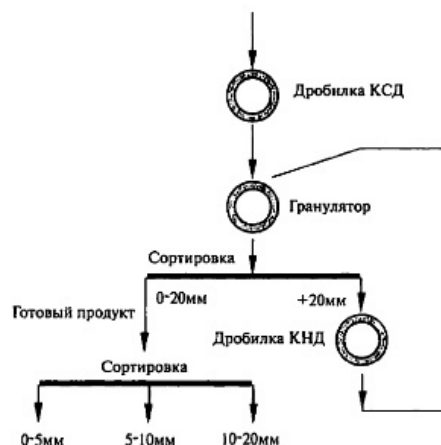
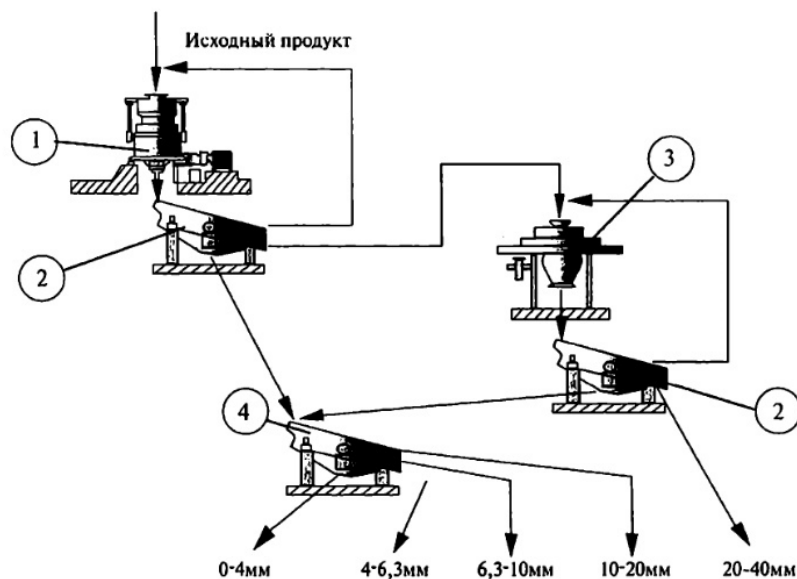


Рис 3.7. Схема обогащения щебня по форме зерен в барабанном грануляторе

В процессе перекачивания и падения кусков тонкие лещадные зерна размельчаются, разламываются, острые края щебенки обламываются, вследствие чего их форма улучшается.

Рис 3.7а.  
Технологическая схема  
получения кубовидного  
щебня:

- 1 – конусная дробилка;
- 2 – двухситный грохот;
- 3 – центробежная  
дробилка;
- 4 – трехситный грохот.



### *Обогащение щебня и гравия по прочности.*

Обогащение щебня и гравия по прочности осуществляют в отсадочных машинах и с помощью механических классификаторов. Минеральные зерна различной прочности имеют разную плотность. Процесс разделения таких зерен в попеременно восходящем и нисходящем потоке воды называется отсадкой и его осуществляют в отсадочных машинах (рис. 3.8). Механизм разделения зерен по плотности в отсадочных машинах весьма сложен, и его результаты зависят от многих факторов (частоты и амплитуды пульсации, формы зерен, толщины слоя, разности плотностей разделяемых материалов). Расслоение материала в отсадочных машинах происходит в условиях стесненного падения зерен. При отсадке смеси зерна различных плотностей разрыхляются при восходящем потоке. При нисходящем потоке воды происходит взаимное смещение зерен с различными плотностями. Продукт, соответствующий Государственному стандарту, можно получить, если количество обогащаемого материала с содержанием слабых разностей не превышает 35 %.

Обогащение на механическом классификаторе (рис. 3.9) основано на учете различия упругих свойств каменных материалов при их ударном взаимодействии с твердой (металлической) поверхностью классификатора. При ударе щебёнок с одинаковой силой об стальную поверхность, они отскакивают от нее на различные расстояния, имеют различные траектории и угол падения в зависимости от их прочности. Классификатор работает эффективно при условии, если фракционный щебень через точку подается в один ряд (монослоем). Если классификатор имеет несколько последовательно установленных барабанов, то щебень можно сортировать по прочности на несколько фракций.

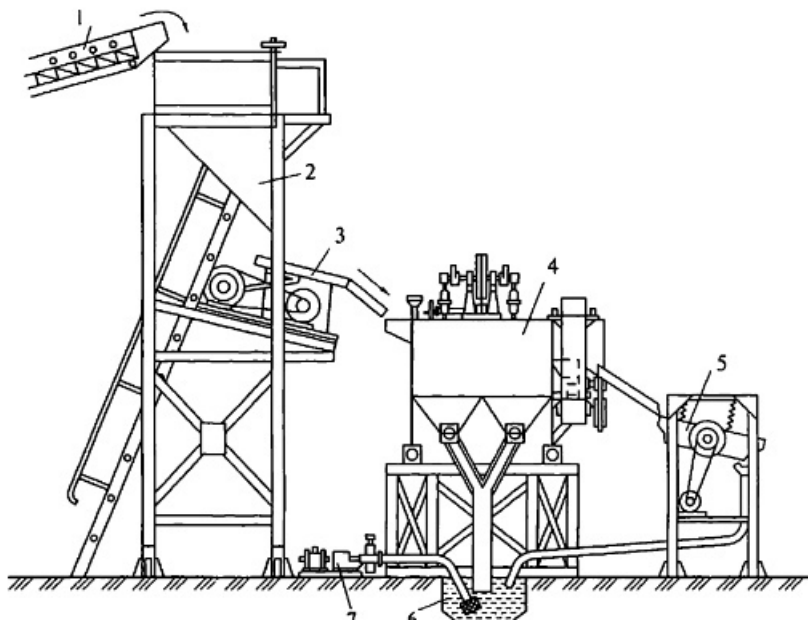


Рис 3.8. Схема обогащения щебня (гравия) в отсадочной машине:  
 1 – ленточный конвейер для подачи материала в бункер; 2 – бункер материала; 3 – лотковый качающийся питатель для загрузки отсадочной машины; 4 – отсадочная машина; 5 – обезвоживающий вибрационный грохот; 6 – приямок для сбора мелких частиц и песка; 7 – насос.

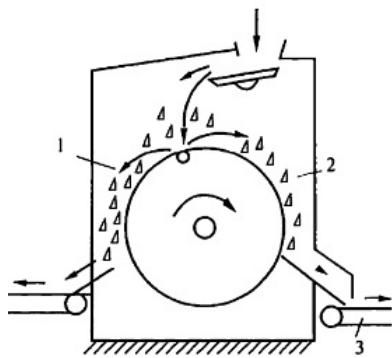


Рис 3.9а. Схема обогащения щебня и гравия на механическом классификаторе:  
 1 – тяжелые зерна;  
 2 – легкие зерна;  
 3 – транспортер

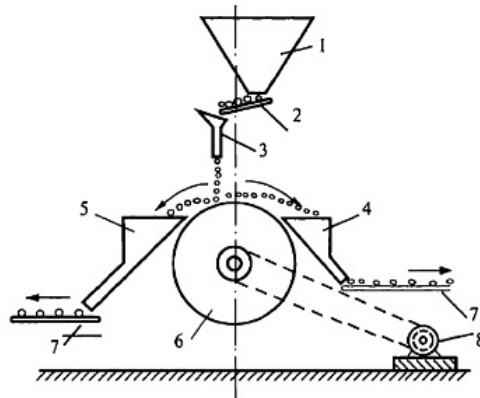


Рис 3.9б. Избирательное обогащение каменных материалов на механическом классификаторе (сепараторе):  
 1 – бункер; 2 – питатель; 3 – течка; 4 – воронка для материала пониженной прочности; 5 – то же, повышенной прочности; 6 – классифицирующий барабан; 7 – транспортеры; 8 – электродвигатель.

### *Генеральные планы камнедробильных заводов (КДЗ).*

Выбор площадки и проектирование генерального плана КДЗ проводят с учетом климата, рельефа местности, окружающей застройки. Пример генплана КДЗ приведен на рис. 3.10. Площадку завода выбирают с учетом ее расширения в перспективе.

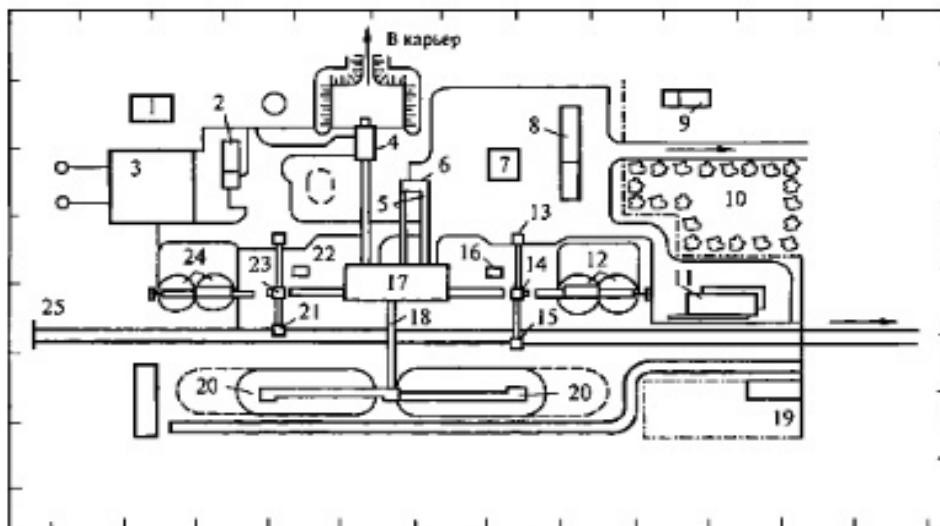
Административно-хозяйственные отделы КДЗ и жилые городки располагают на расстоянии от него 500-1000 м. На самом КДЗ его цеха с повышенным выделением пыли располагают на подветренной стороне по отношению к помещениям, в которых работают люди (контора, лаборатория, площадка отдыха и др.). Склады готовой продукции размещают с учетом эффективного использования железнодорожных и автомобильных



погрузочных путей и площадок. При решении генплана используют типовые технологические схемы переработки и обогащения каменных материалов.

*Производство дробленого песка.*

Искусственными называют пески, полученные дроблением горных пород или переработкой отсевов. Их получают путем дробления изверженных, метаморфических или прочных карбонатных осадочных пород (с прочностью не менее 60 МПа) в различных дробилках.



**Рис 3.10. Генеральный план гравийно-песчаного КДЗ с отдельной выдачей гравия и песка:**  
 1 – пожарный сарай; 2 – котельная, душ и гардероб;  
 3 – склад топлива, масла;  
 4 – отделение первичного дробления; 5 – транспортер;  
 6, 14, 15, 23 – перегрузочные углы; 7 – лаборатория;  
 8 – контора и диспетчерская; 9 – туалет;  
 10 – площадка отдыха;  
 11 – РММ; 12 – склад щебня;  
 13 – погрузочный бункер для автомобилей;  
 16, 22 – пульт управления;  
 17 – отделение вторичного дробления, промывки, сортировки;  
 18 – транспортер; 19 – охрана; 20 – склад песка;  
 21 – узел погрузки на железнодорожные платформы;  
 24 – склад гравия;  
 25 – железнодорожный тупик.

Пески, полученные дроблением в роторных и молотковых дробилках, содержат минимальное количество лещадных зерен (до 4 %). При измельчении в стержневых мельницах их доля в готовом продукте достигает 10-12 %. Высокий процент лещадных зерен (до 40 %) содержится в песке после валковой и конусной дробилок. Более широкое применение нашли стержневые мельницы. Они отличаются простотой в эксплуатации (можно быстро заменить износившиеся дробящие детали). Технологическая схема приготовления дробленого песка с применением стержневой мельницы приведена на рис. 3.11.

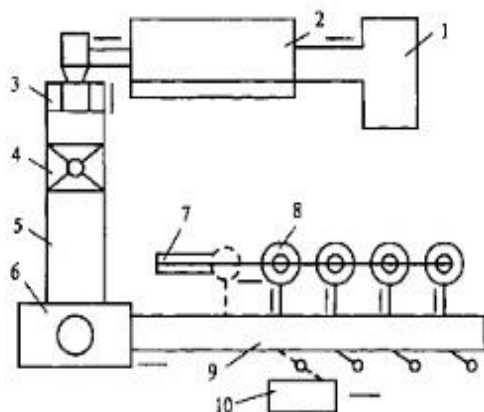


Рис 3.11. Технологическая схема одностадийного приготовления дробленого песка:

- 1 – подача сырья; 2 – стержневая мельница; 3 – грохот; 4 – бункер;
- 5 – транспортер; 6 – компрессор;
- 7 – силовая установка;
- 8 – силосы для песка;
- 9 – аэрожелоб;
- 10 – автомобиль-самосвал.

Измельчать горные породы можно дроблением с открытым и замкнутыми циклами. Более прост открытый цикл, но при нем труднее контролировать качество получаемого песка. Лучшее качество достигается при замкнутом цикле (уменьшается переизмельчение, лучше контролируется зерновой состав). В стержневых мельницах измельчение происходит, как правило, мокрым способом, получаемые при этом пески относят к средним или крупным. Массовая доля зерен крупнее 5 мм не должна быть более 10 %, пылевидных частиц - не более 1-2 %, глины - не более 0,1-0,2 %. Дробленый песок используют в основном как добавку при приготовлении цемента- и асфальтобетонных смесей.

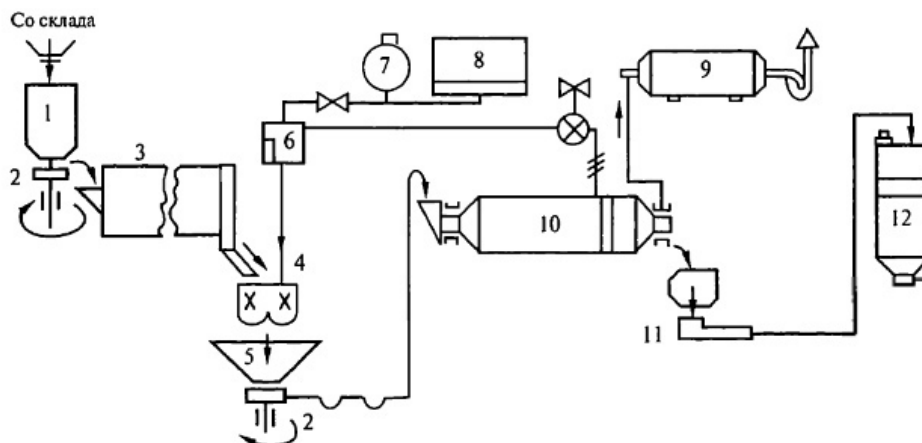
#### *Производство минеральных порошков для асфальтобетона.*

По технологической схеме, приведен на рис. 3.12, можно готовить активированный и не активированный порошок на КДЗ. Целесообразно применять активированные порошки: они практически не смачиваются водой, чем улучшается их транспортирование, хранение и применение. Технология приготовления активированного минерального порошка включает следующие операции: сушка минерального порошка и его нагрев до 120-140 °С; перемешивание с заданным количеством активирующей добавки (ПАВ или битум); измельчение в шаровой мельнице. Щебень размером 20-40 мм доставляют со склада одноковшовым погрузчиком на пневмоходу в расходный бункер 1 и тарельчатым питателем 2 подают в сушильный барабан 3. После сушки щебень поступает в сборный бункер 5, а из него - в смеситель 4. В смеситель насосом подают активирующую смесь. После тщательного смешивания щебень направляют в шаровую мельницу 10, где происходит его тонкое измельчение. Из мельницы минеральный порошок шнековым конвейером или пневмотранспортом подается в бункер или силосы емкостью 300-350 т. Для производства минерального порошка кроме КДЗ организуют специальные заводы или цеха на асфальтобетонных заводах.

В целях повышения качества порошка путем его активации целесообразно строить стационарные заводы для централизованного снабжения строительства. Минеральный порошок, приготовленный на

заводе, всегда более качественный за счет применения совершенного и мощного оборудования и строгого соблюдения технологического процесса.

Рис 3.12. Схема производства активированного минерального порошка:  
 1 – расходный бункер; 2 – тарельчатый питатель; 3 – сушильный барабан;  
 4 – лопастной смеситель; 5 – сборный бункер; 6 – дозатор; 7 – емкость для ПАВ;  
 8 – установка для обезвоживания и нагрева битума;  
 9 – сепаратор и обеспыливающая установка; 10 – шаровая мельница;  
 11 – винтовой пневматический насос; 12 – силосный склад минерального порошка.



#### Склады готовой продукции КДЗ.

Склады на КДЗ устраивают для размещения продукции после дробильно-сортировочных, моечных и других процессов и бесперебойной ее выдачи потребителю. Погрузочно-складское хозяйство - важная составляющая сложного хозяйства КДЗ. Организация и комплексная механизация процессов на складах существенно влияет на все технико-экономические показатели работы КДЗ.

В общей стоимости строительства ГДЗ затраты на сооружение складов составляют 20-45 %.

Основной характеристикой является вместимость склада - от нее исходят при проектировании типа и механизации погрузочных работ, определяющих производительность работы КДЗ и режим отгрузки готовой продукции.

Склады готовой продукции классифицируют:

- по способу хранения: открытые, закрытые;
- по форме и типу сооружений: конусные (рис. 3.13 а), штабельные (рис. 3.13 б) и эстакадно-траншейные (рис. 3.14).

Наиболее распространены на КДЗ открытые склады. Для конусного склада необходимо оборудование, позволяющее изменять высоту сброса материала. Емкость конусного склада зависит от высоты конуса и угла естественного откоса ( $\alpha$ ) материала (например, для сухого песка  $\alpha = 30-35$  град, для щебня-35-45 град).

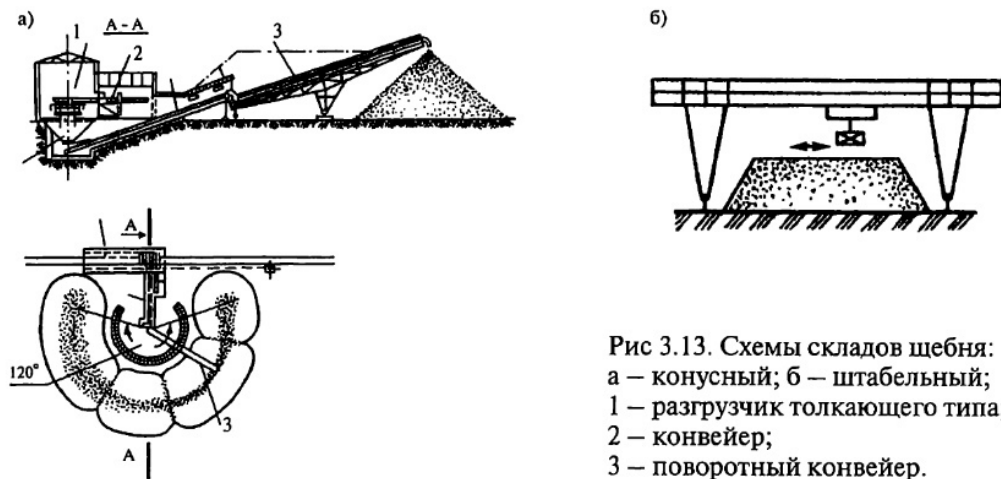


Рис 3.13. Схемы складов щебня:  
 а – конусный; б – штабельный;  
 1 – разгрузчик толкающего типа;  
 2 – конвейер;  
 3 – поворотный конвейер.

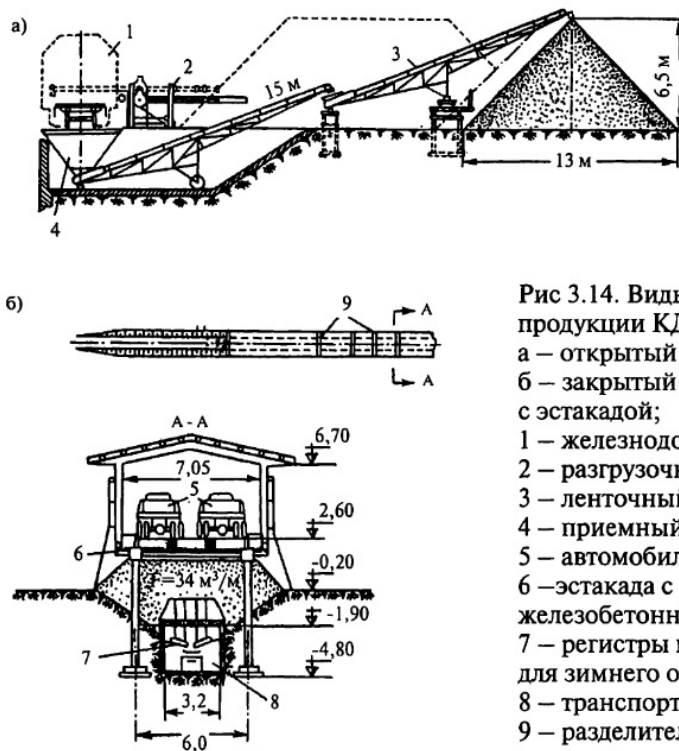


Рис 3.14. Виды складов готовой продукции КДЗ:  
 а – открытый склад (конусный);  
 б – закрытый траншейного типа с эстакадой;  
 1 – железнодорожный габарит;  
 2 – разгрузочная машина;  
 3 – ленточный транспортер;  
 4 – приемный бункер;  
 5 – автомобили-самосвалы;  
 6 – эстакада с решетчатым железобетонным настилом;  
 7 – регистры из труб для зимнего обогрева;  
 8 – транспортная галерея;  
 9 – разделительные стенки.

Использование транспортеров позволяет отсыпать штабель разнообразной формы. Так, при использовании одного передвижного транспортера материал отсыпают в конус, тот же транспортер, расположенный на перемещающейся по рельсам тележке, позволяет отсыпать материал в призму (рис. 3.15). На складах для погрузки минеральных материалов в транспортное средство широко применяют различные бункера.

Осенью, зимой и ранней весной сыпучий материал смерзается и для его рыхления перед погрузкой в транспортные средства или выгрузки из них применяют специальные рыхлительные машины.

За последние годы в дорожной отрасли получили распространение прирельсовые веерные склады щебня объемом 15-20 тыс. м<sup>3</sup> с инвентарными транспортерами.

Способы отгрузки готовой продукции и ее взвешивание. Готовую продукцию в зависимости от мощности КДЗ и места его расположения можно отгружать на железнодорожный, автомобильный и водный транспорт.

В соответствии с типами складов различают три вида погрузки:

транспортерную, бункерную и экскаваторную (или одноковшовыми погрузчиками). Щебень и гравий можно грузить любым видом машин; бутовый камень можно грузить только экскаваторами и погрузчиками.

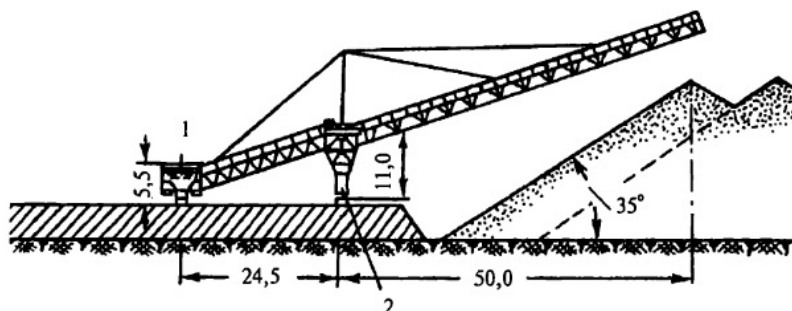


Рис 3.15. Схема работы штабелеукладчика:  
1 – ходовая тележка;  
2 – приводная тележка.

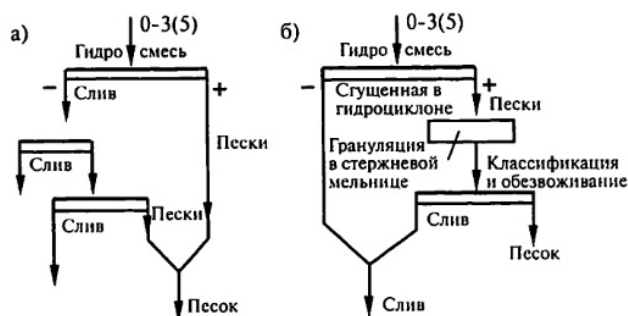


Рис 3.16. Упрощенная схема переработки отходов:  
а – с выпуском одной фракции;  
б – с грануляцией песка.

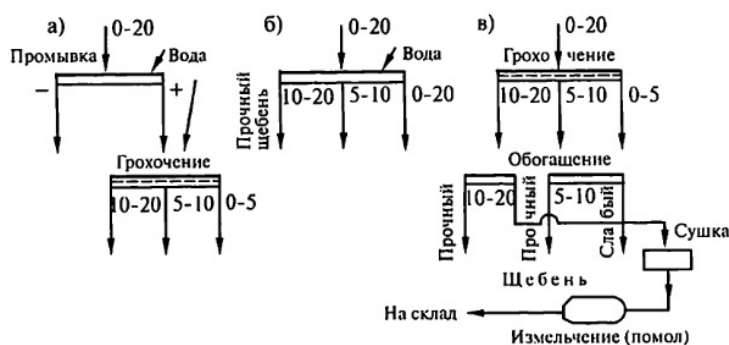


Рис 3.17. Усложненная схема переработки отходов:  
а – с предварительной промывкой;  
б – с промывкой, совмещенной с грохочением;  
в – без промывки с обогащением сухим способом и попутным получением минерального порошка.

Песок способен образовывать своды в бункерах, поэтому его лучше грузить экскаваторами и погрузчиками. Если песок сухой в ряде случаев удобна погрузка железнодорожных вагонов всеми тремя способами. Для загрузки автомобилей-самосвалов предпочтительнее бункера, но не исключаются экскаваторы и погрузчики. Баржи целесообразно нагружать ленточными транспортерами.

Транспортную отгрузку сочетают с использованием питателей и системы транспортеров, установленных в подштабельной и наземных галереях. Транспортная отгрузка выгодна по сравнению с другими видами для любых фракций щебня и гравия на КДЗ с круглогодичным режимом работы.

Для учета количества отгружаемой продукции, а также для исключения недогруза и перегруза транспортных средств на складе должны быть конвейерные, вагонные или автомобильные весы. В ряде случаев весы целесообразно разместить под бункерами. Взвешивать можно и на ходу загружаемых вагонов.

Хранение и отгрузка отходов производства. Отходы могут образоваться за счет выделяемой из горной породы перед первичным или вторичным дроблением загрязняющей мелочи и после дробления (рис. 3.16, 3.17). При переработке гравийно-песчаных материалов в отходы удаляют пылеватые частицы (0,20, 0,15 мм). В некоторых случаях в отходы может удаляться песок. Чтобы не загружать территорию КДЗ, отходы лучше сразу вывозить автомобилями-самосвалами в отвалы. Для этого устраивают специальные погрузочные бункера, оборудованные вибраторами, чтобы исключить зависание материала. В ряде случаев отходы выгодно удалять в отвалы ленточными транспортерами. Отходы дробления 3(5) - 0,15 мм используют как искусственный песок.

*Контроль качества готовой продукции и оценка эффективности работы КДЗ.*

Контроль качества щебня производят в соответствии с требованиями действующих нормативных документов (ГОСТ, СТБ). Пробы щебня на КДЗ отбирают из потока щебня на открытых складах или из бункеров (силосов).

Отбор проб из потоков поддается механизации и автоматизации, в то время как отбор проб из неподвижных масс материала (штабелей) возможен только ручным способом. Ручной способ применяют только для контрольной проверки качества при отгрузке.

При контроле качества продукции на КДЗ проверяют:

- содержание глинистых частиц;
- форму зерен и наличие лещадки;
- размер щебня;
- прочность на сжатие;
- износостойкость щебня;
- морозостойкость щебня;
- влажность.

Все операции по контролю качества продукции КДЗ проводит лаборатория с целью определения его соответствия техническим условиям. Контроль проводят на всех этапах производства, транспортирования и хранения.

На КДЗ большой мощности контрольные функции возложены на ОТК (отдел технического контроля), который также контролирует качество горной массы, поступающей из карьера.

В соответствии с действующими стандартами контроль качества щебня подразделяют на приемо-сдаточный (ежедневный) и периодический.

На готовую продукцию ОТК составляет паспорт лабораторных испытаний и оформляет документами аттестацию продукции по качеству.

Показателями экономической эффективности работы КДЗ являются:

удельные капиталовложения (стоимость основных фондов) на единицу продукции;

удельные мощности двигателей на единицу продукции;

удельные энергозатраты (электроэнергии, газа, мазута, сжатого воздуха) на единицу продукции;

трудовые затраты в человеко-часах на производство единицы продукции;

стоимость единицы продукции.

Указанные показатели можно получать и анализировать как по заводу в целом, так и по отдельным его цехам.

В качестве итоговой обобщающей оценки эффективности данного КДЗ предпочтительно полученные показатели его деятельности сравнивать с базовой моделью - действующим передовым предприятием или типовым проектом. Целесообразно также при сравнении вариантов эффективности механизации на КДЗ производить расчеты по приведенным затратам на общий объем продукции предприятия ( $ПЗО_{КЗД}$ ):

$$ПЗО_{КЗД} = C_0 + K \frac{П_2}{T_r} E$$

где  $C_0$  - себестоимость продукции, исчисленная на годовую производительность КДЗ;

$K$  - капитальные вложения на механизацию КДЗ;

$П_r$ ,  $T_r$  - соответственно годовая производительность КДЗ и число часов работы ведущей машины (первичной дробилки).

Лучшим вариантом механизации КДЗ является вариант с наименьшим размером приведенных затрат.

*Охрана труда на КДЗ.*

Обеспечение здоровья и безопасных условий труда на КДЗ - важнейшее требование к нормальной работе на таком предприятии. В оздоровлении условий труда и рационализации трудового процесса заложены большие резервы повышения производительности труда.

КДЗ - пыльное и шумное производственное предприятие.

На терморегуляцию организма работающего значительно влияет микроклимат производственных помещений, определяемый температурой, влажностью и скоростью движения воздуха.

На рабочих в процессе труда также воздействуют шумовой и вибрационный фактор, газовая загрязненность воздушной среды,

недостаточное освещение, невысокое качество питьевой воды и др. Нормами установлена температура не ниже 14 °С, влажность около 80 %, скорость движения воздуха 0,2 м/с в холодный период и не более 0,3 м/с в теплое время года. Запыленность воздуха – не более 10 мг/м<sup>3</sup> в зависимости от состава пыли. Взрывные работы регламентируются правилами безопасности ведения взрывных работ.

Основным условием ведения горных работ в карьерах является устойчивость откосов уступа. Устойчивость откоса определяют соотношением сдвигающих сил от собственного веса и внешней нагрузки и сил сопротивления сдвигу, к которым относятся силы трения и сцепления породы. При разработке пород одноковшовым экскаватором с прямой лопатой высота уступа не должна превышать более чем в 1,5 раза наибольшую высоту черпания экскаватора. Технологические процессы на камнедробильных заводах сопровождаются загрязнением воздуха пылью перерабатываемых природных каменных материалов. Большинство этих материалов содержат диоксид кремния (SiO<sub>2</sub>), что создает опасность заболевания рабочих силикозом (может перейти в туберкулез легких).

Взвешенная пыль с воздухом образует дисперсную систему, которая напоминает коллоидные растворы (золи поэтому взвешенную пыль называют пылевым аэрозолем). Основная масса пылевого аэрозоля образуется в процессе дробления и грохочения, а также при перемещении продукции с желобов и транспортеров в местах перегрузки материалов. Особенно опасна пыль с содержанием SiO<sub>2</sub>, которая образуется при дроблении гранита (SiO<sub>2</sub> до 70%), а в песчанике - до 95%. Поэтому борьба с загрязнением воздуха пылью является важнейшим вопросом оздоровления труда рабочих на КДЗ.

Для эффективной локализации очагов пыления устраивают местные надежные укрытия, подсоединяемые к системе пылеудаления (аспирации). Такие системы включают: пылевые центробежные вентиляторы, пылеулавливатели - мокрые или сухие циклоны; акустические и электростатические пылеулавливатели.

Простым и эффективным и в то же время дешевым способом борьбы с запылением воздуха является гидрообеспыливание (рис. 3.20). Гидрообеспыливание - увлажнение пылящих материалов или осаждение пылевого аэрозоля в производственных помещениях и на открытом воздухе с помощью форсунок, установленных в укрытиях машин пылящего оборудования и в верхней части приемных бункеров. Требования охраны труда на КДЗ предусмотрены Правилами техники безопасности в нерудной промышленности. Рабочие места должны быть безопасны для производства работ, пребывания и перемещения людей, не иметь скользких поверхностей. На движущихся частях машин должны быть ограждения, козырьки и решетки у приемного отверстия дробилок.



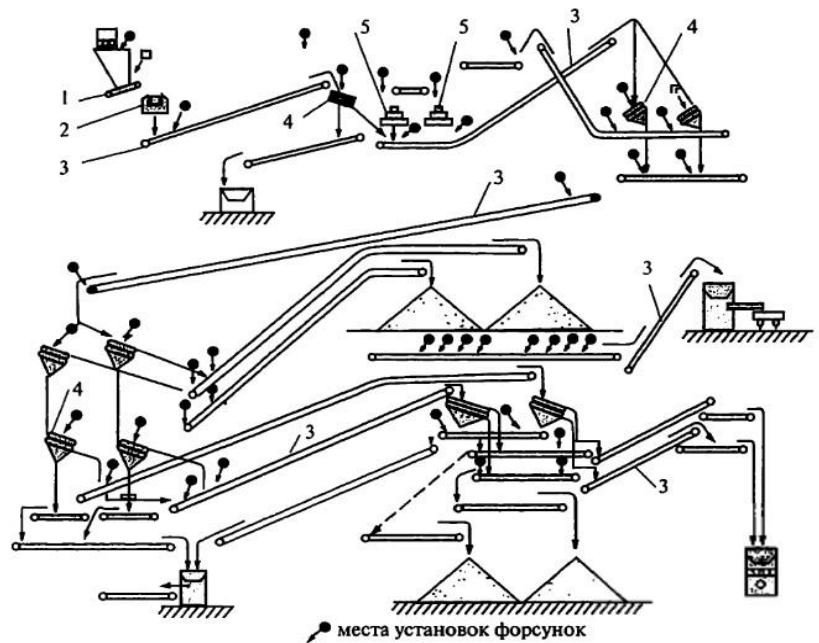


Рис 3.20.  
Гидрообеспыливание  
на КДЗ:  
1 – пластинчатый  
питатель;  
2 – щековая дробилка;  
3 – ленточный  
транспортер;  
4 – вибрационный  
грохот;  
5 – конусная дробилка.

Для перехода через ленточные конвейеры устраивают мостики с перилами. В местах прохода под конвейерами устраивали защитные полки.

Опасные зоны должны быть ограждены соответствующими знаками и предупредительными надписями, освещаемыми в темное время. Перед пуском машин должны подаваться звуковые или световые сигналы.

## Тема 3.2. Добыча и переработка гравия и песка на гравийно-сортировочных завода

### *Добыча гравия, песка и гравийно-песчаной смеси.*

Гравийно-песчаные материалы, состоящие из песка, гравия и валунов, представляют рыхлые обломочные горные породы. Этот вид горных пород является наиболее распространенным видом строительных материалов, широко применяемых при строительстве автомобильных дорог, для приготовления дорожных асфальто- и цементобетонов, изготовления железобетонных конструкций.

Комплекс работ по добыче гравия и песка включает подготовительные, вскрышные и добычные операции.

Подготовительные и вскрышные работы ведутся так же, как и при разработке месторождений каменных горных пород. Как правило, толщина вскрыши на песчано-гравийных карьерах не превышает 1-3 м.

Добыча гравия, песка и гравийно-песчаной смеси имеет ряд особенностей: во многих случаях залежи этого сырья маломощны и разработка ведется в один уступ; песок и гравий часто загрязнены пылеватыми и глинистыми примесями, что вызывает необходимость в промывке и сортировке.

В зависимости от гидротехнических и гидрогеологических условий гравий и песок добывают несколькими способами.

Основным отличительным признаком способа добычи является степень обводнения месторождения.

В сырых месторождениях, когда нижняя часть полезного ископаемого находится в воде, гравий и песок добывают в верхней сухой части такими же способами, как и для сухих месторождений.

Обводненную часть карьера разрабатывают следующими способами.

При незначительной площади обводнения и малой глубине воды в забое (1-1,5 м) песок и гравий можно добывать с применением грейферов. Добытую горную массу разгружают в штабель для промежуточного складирования, а затем - в транспортные средства.

При большой площади обводнения и глубине воды до 2-2,5 м эффективнее применять драглайны с обычной и удлиненной стрелами и дырчатым ковшом для стока воды. Вынутый материал штабелируют на необводненной части выработки.

Иногда добытый гравий или песок разравнивают бульдозером для обезвоживания естественной просушкой.

При значительной площади обводнения и глубине воды более 2,5-3 м добычу песчано-гравийных материалов целесообразно вести землесосным снарядом. Гравий и песок намывают в штабеля высотой до 5 м, из которых их в дальнейшем разрабатывают.

В мокрых месторождениях, когда верхняя часть забоя находится под водой, добычу гравия и песка ведут гидромеханизированным способом.

Гидромеханизированный способ добычи гравия и песка в наибольшей мере соответствует требованиям комплексной механизации. Все технологические операции - добыча, гидротранспортировка, переработка полностью механизированы. Гидромеханизированная добыча обеспечивает высокие производительность труда и качество продукции (получают промытый песок и гравий). Однако этот метод эффективен только при наличии больших запасов полезного ископаемого и воды. Применение гидромеханизации в маломощных притрассовых карьерах нецелесообразно. Добычу песчано-гравийных смесей ведут с применением гидромониторов и земснарядов.

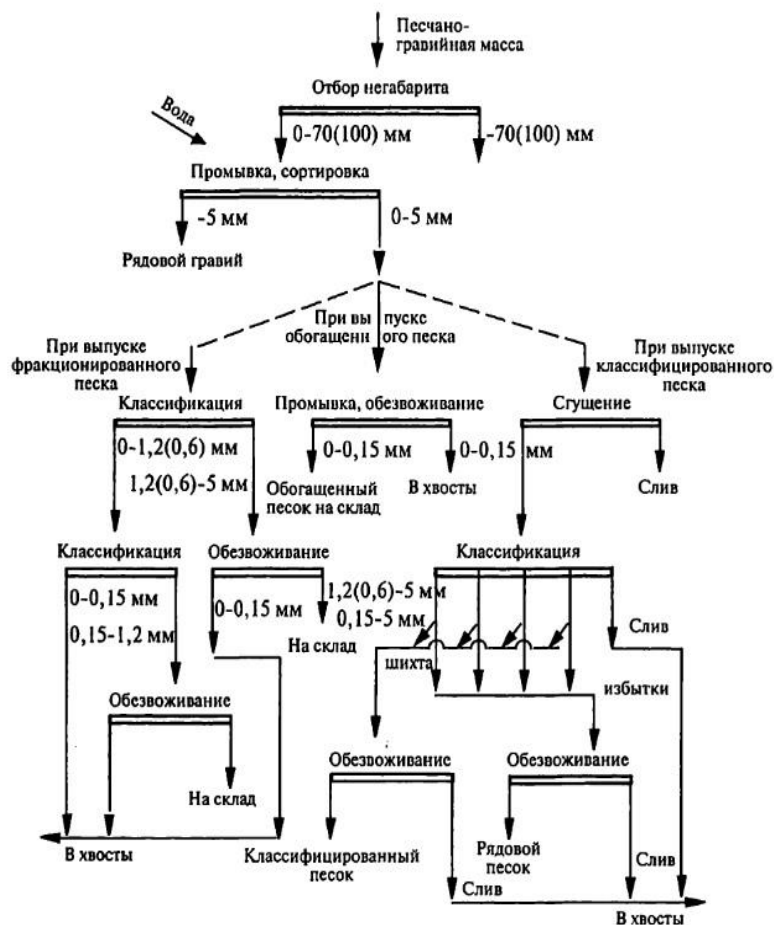


Рис 3.21. Технологическая схема песчано-гравийного сортировочного завода

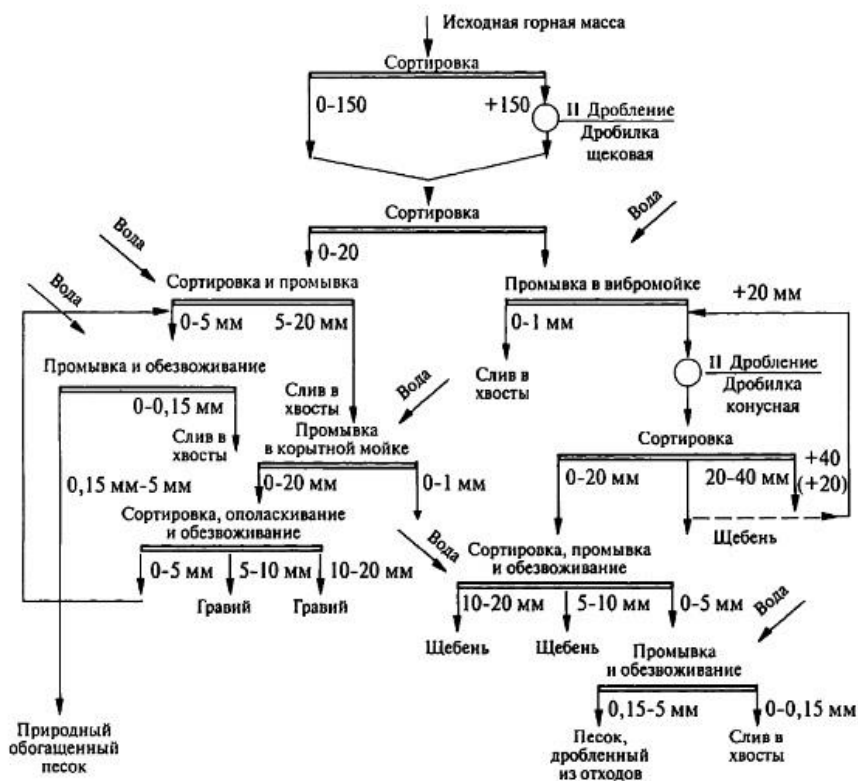


Рис 3.22. Технологическая схема переработки гравийно-песчаной смеси с операцией дробления

### Переработка гравийно-песчаных материалов.

Технологические схемы гравийно-сортировочных заводов включают следующие операции: сортировку, промывку, классификацию и обогащение песка, обогащение щебня из гравия по прочности и форме зерен (рис. 3.21).

По промываемости загрязняющих примесей исходную горную массу можно разделить на две категории: легкопромываемую и труднопромываемую.

Легкопромываемой считают такую горную массу, которая может быть промыта на вибрационных грохотах путем мокрой сортировки, а труднопромываемой - для промывки которой необходимо включать в технологическую схему специальные промывочные машины-аппараты.

В зависимости от исходной горной массы в технологическую схему переработки гравийно-песчаного материала включают операцию дробления.

Процесс дробления осуществляют в одну, две или три стадии в зависимости от наибольшей крупности зерен и валунов.

Возможен вариант переработки труднопромываемой гравийно-песчаной смеси, в которую включены операции дробления (рис. 3.22).

Гравийно-песчаные заводы классифицируют в зависимости от содержания гравия крупнее 5 мм в исходной горной массе на следующие типы:

I - песчаные заводы, перерабатывающие исходную горную массу с содержанием гравия до 5 % и выпускающие песок природный, природный фракционный и обогащенный песок, гравий крупнее 5 мм;

II - гравийно-песчаные заводы, перерабатывающие исходную горную массу с содержанием зерен гравия от 5 до 40 %. Заводы этого типа подразделяют на две группы: для переработки горной массы с содержанием гравия 5-20 и 20-40 %.

Предприятия I типа выпускают природный и обогащенный сортовой песок, а также гравий и щебень фракций 5-10, 10-20 мм. При наличии в песчано-гравийной массе глины и других вредных примесей на заводе предусматривают гидромеханизированный метод обогащения (рис. 3.23).

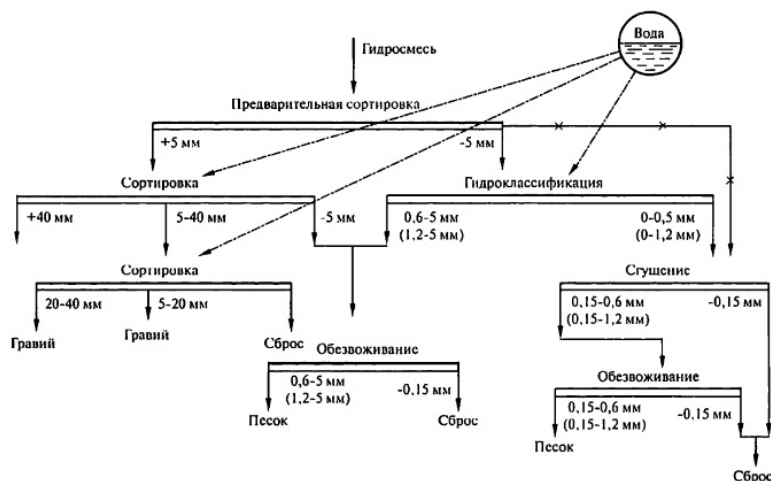


Рис 3.23. Технологическая схема гидромеханизированного гравийно-песчаного завода

## Раздел IV. ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ

### Тема 4.1. Битумные базы

*Назначение, классификация и технологический процесс.*

При строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог широко применяются органические вяжущие материалы: битумы и эмульсии на их основе. Они используются при укреплении грунтов, устройстве поверхностных обработок, конструктивных слоев дорожных одежд (оснований и покрытий), устраиваемых из различных видов битумоминеральных смесей, включая наиболее распространенные – асфальтобетонные.

Объем использования органических вяжущих материалов довольно значителен. Например, при строительстве оснований из укрепленных грунтов на 1 км дороги нужно 120-150 т вяжущего; при строительстве покрытия щебня и гравия, укрепленных органическими вяжущими - до 40-60 т; при среднем и капитальном ремонте асфальтобетонных покрытий - до 10-12 т.

Для обеспечения строительства органическими вяжущими организуют специальные предприятия - битумные базы, предназначенные для приготовления кратковременного хранения вяжущих, а также подготовки их к использованию.

Склады и хранилища - самостоятельные предприятия, когда они входят в состав асфальтобетонных заводов на правах цеха.

Базы органических вяжущих классифицируют по следующим признакам:

по длительности работы на одном месте - постоянные (стационарные) и временные (передвижные);

по расположению относительно транспортных магистралей - прирельсовые, имеющие железнодорожные пути, и притрассовые, расположенные вблизи трассы дороги и не имеющие непосредственной связи с железной дорогой.

Как правило, прирельсовые базы служат перевалочным пунктом для поступающего битума, хранения и выдачи его на притрассовые базы.

С целью уменьшения количества баз и снижения расходов на их постройку и эксплуатацию, экономически выгодно, где возможно, использовать прирельсовые базы не только для приемки и хранения битума, но и выдавать битум, готовый к употреблению, то есть его обезвоживать и нагревать до температуры, требуемой потребителям.

Постоянные (прирельсовые) базы оснащают мощным оборудованием, сооружения строят капитального типа.

При организации временных (притрассовых) баз все производственные блоки и сооружения монтируют из инвентарных узлов и передвижного оборудования.

Технологический процесс работы баз состоит из следующих операций: выгрузки вяжущих материалов из транспортных средств; хранения вяжущих, обезвоживания, подогрева их до заданной температуры и выдачи готовой продукции.

Вязкие битумы доставляют на базу железнодорожным или автомобильным транспортом.

Если дальность доставки вяжущих от завода до базы менее 200-300 км целесообразно применять автобитумовозы, при большем расстоянии - железнодорожный транспорт.

Во втором случае применяют цистерны грузоподъемностью до 60 т, оборудованные системой пароподогрева, в первом – автобитумовозы грузоподъемностью 5, 7, 15 т, имеющие систему разгрузки.

Если дальность транспортирования битума потребителям не превышает 15-20 км на прирельсовой базе, кроме хранилищ, создают установки для обезвоживания и нагрева битума до рабочей температуры. При большем расстоянии приходится создавать две базы: прирельсовую, где битум нагревают до 90-100 °С и притрассовую, вблизи строительства дороги, где его обезвоживают и доводят до рабочей температуры (140-160 °С).

Притрассовые базы стремятся сооружать ближе к середине обслуживаемого участка, что сокращает путь перевозки вяжущего к месту работ. Если нефтеперерабатывающий завод расположен в 200-300 км от асфальтобетонных заводов, то специальных хранилищ на битумной базе, обслуживающей эти заводы, не устраивают. В этих случаях битум непосредственно доставляют на битумохранилища этих заводов в автобитумовозах. Вопросы размещения баз решают путем сравнения вариантов с учетом их перспективного использования.

#### *Битумохранилища.*

Битумохранилища представляют собой специально оборудованные емкости, в которых хранят и предварительно подогревают вяжущее. В зависимости от назначения они классифицируются на хранилища временного и постоянного типа. Предпочтение отдается обычно хранилищам постоянного типа, как более экономически выгодных и обеспечивающих лучшее качество подготовленного битума по сравнению с полученным из временных хранилищ.

Технологическая схема битумохранилища не зависит от ее расположения и мощности. Основными процессами, которые определяют технологическую схему, являются:

- выгрузка и подача вяжущего в хранилище;
- его подогрев в хранилище;
- подача в котлы или установку для его обезвоживания;
- нагрев битума до требуемой рабочей температуры.

### Доставка битума.

По железной дороге битум доставляют в закрытых цистернах емкостью 60 т или в вагонах бункерного типа (для твердых битумов) емкостью 40 т (рис. 4.1). В последнем случае на нефтеперегонном заводе горячий битум из резервуаров сливают в бункерные полувагоны. После налива и непродолжительного отстоя, необходимого для образования пленки застывшего битума, препятствующей его расплескиванию, бункер закрывают крышкой.

Поскольку битум может застывать в пути, для разгрузки вагонов-бункеров приходится разогревать битум, пропуская пар через двойные стенки бункеров. Из опрокинутого бункера битум «куском» вываливается в хранилище (рис. 4.1в). Опрокидывание производят с использованием ручной или механической лебедки.

Как правило, для перевозки вязких битумов (только для дорожников) используют цистерны-термосы. По дну цистерны проложен змеевик, по которому пропускают пар для подогрева битума до состояния его текучести. Сливной патрубком во время слива битума подогревают паром (рис. 4.1 а).

Специальная изоляция цистерн из нескольких слоев теплоизоляционных материалов предохраняет битум от остывания в течение довольно длительного периода (10-12 дней) даже при отрицательных температурах воздуха (до  $-25^{\circ}\text{C}$ ) без искусственного подогрева.

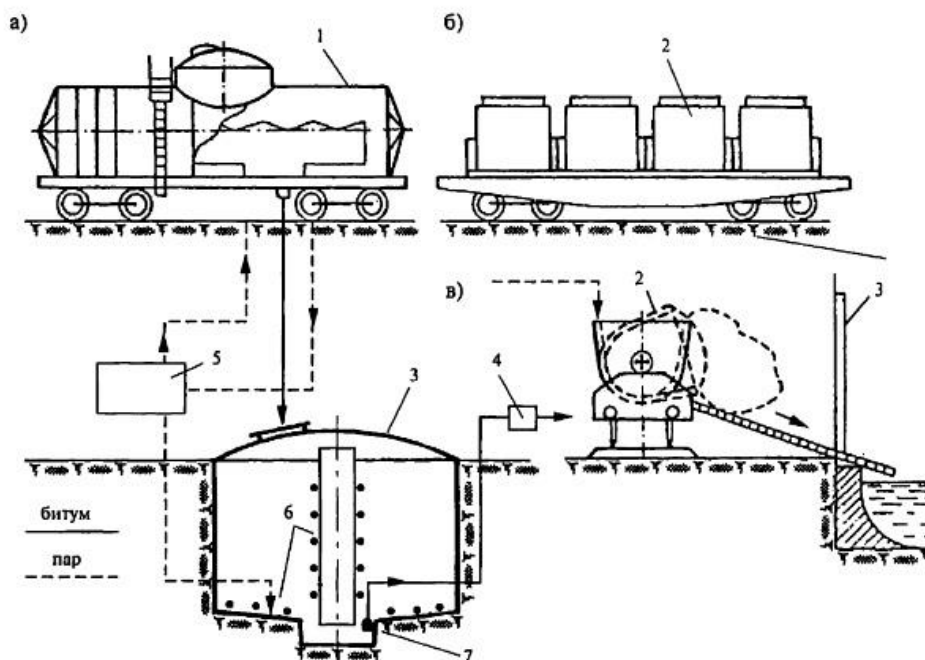


Рис 4.1. Транспортные средства для перевозки битума по железной дороге и разгрузка его на битумной базе:  
а – слив из цистерны; б – разгрузка из бункерных опрокидывающихся полувагонов; в – схема разгрузки твердого битума из бункерного полувагона;  
1 – цистерна-термос; 2 – бункерный вагон; 3 – битумохранилище; 4 – насос;  
5 – парообразователь (передвижной или котельная); 6 – змеевик с паром;  
7 – приямок.

В обычных цистернах с пароподогревом на месте доставки требуется добавочный подогрев для слива.

При наличии в цистернах электроподогрева используют передвижные электростанции или постоянные источники тока.

Нефтеперерабатывающие заводы вырабатывают примерно 85-90 % битума, потребляемого дорожниками. Доля транспортных расходов в себестоимости битума у потребителей достигает 40 %.

#### *Хранение битума.*

Дорожные хозяйства вынуждены хранить до 40-50 % годовой потребности битума, независимо от узаконенных норм хранения материалов, что требует больших площадей для битумохранилищ и увеличивает стоимость строительных работ с применением битума.

Одно из основных требований хранения битума - исключить попадание в него влаги. Влага усложняет нагрев битума и значительно увеличивает расход теплоносителей на его подготовку для использования.

Все битумохранилища оборудуются системами подогрева битума до текучести, позволяющей перекачивать его шестеренчатыми насосами. Битумохранилища классифицируют:

- по вместимости резервуара и назначению;
- положению резервуара по отношению к земной поверхности;
- типу нагревателей (пар, электричество и др.).

По вместимости резервуара: до 100 т - битумохранилище временное, 500 т и более - постоянное. Такое разделение условно.

По положению резервуара относительно земли битумохранилища бывают наземного, полуподземного и подземного типов. Наземные резервуары стальные (цилиндрические и др.) изготавливаются из сборных конструкций и относительно легко монтируются.

#### *Способы предварительного нагрева битум.*

Наиболее удобны для эксплуатации битумохранилища с заводским оборудованием для нагрева. В битумохранилищах используют для нагрева битума пар, электричество, горячее минеральное масло. Пароподогрев вязущих пока наиболее распространен на притрассовых базах (рис. 4.2).

В хранилище укладывают донные трубы, а в приемке устанавливают змеевик диаметром 2-3 дюйма<sup>1</sup> (1 дюйм равен 25,4 мм., по которым пропускают насыщенный пар с давлением 6-8 ат. Максимальная температура нагрева вязущего при этом способе достигает 100-110 °С.

Общая схема битумохранилища подземного типа приведена на рис. 4.2.

Пар в систему подают от стационарных котельных или передвижных парообразователей производительностью до 500 кг пара в час. При пароподогреве на 1 т вязущего расходуется насыщенного пара около 100-200 кг в час.

Пароподогрев не требует сложного оборудования, пожаробезопасен, однако, при наличии неплотностей в системе трубопроводов пар проникает в



вяжущие материалы и обводняет их, что впоследствии требует дополнительных расходов тепла на выпаривание влаги.

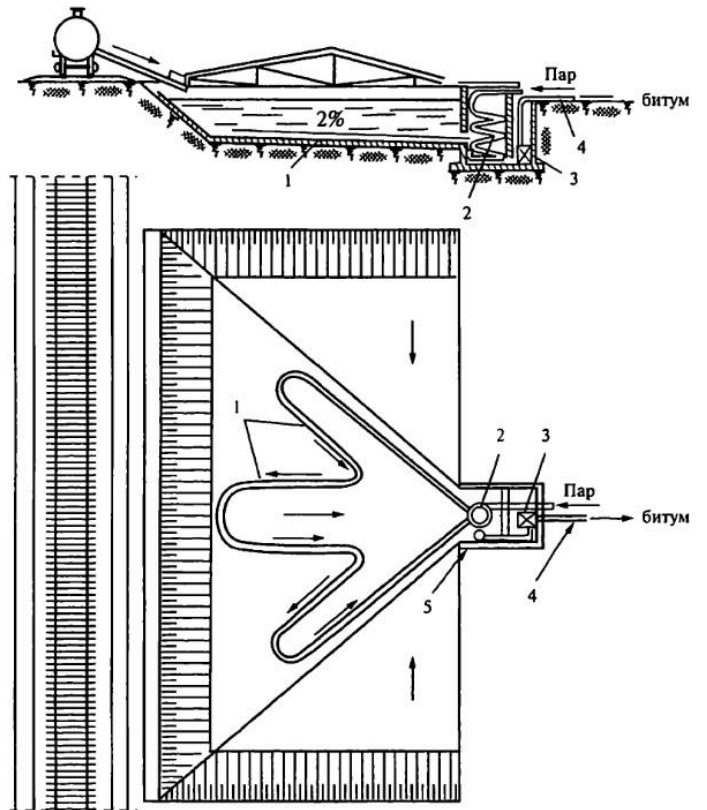


Рис 4.2. Схема хранилища с пароподогревом:  
 1 – донные трубы; 2 – змеевик  
 приемка; 3 – битумный насос;  
 4 – битумопровод;  
 5 – забор вяжущего материала  
 из приемка.

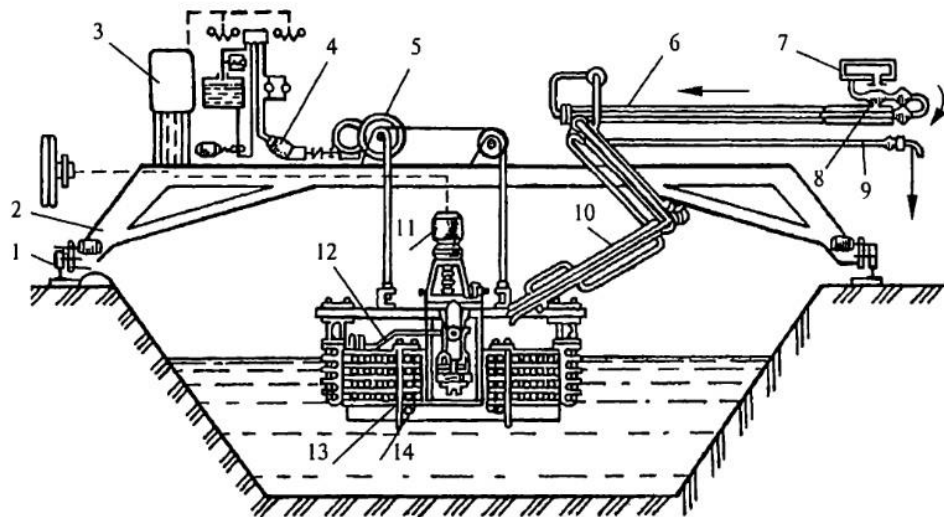


Рис 4.3. Нагревательно-перекачивающий агрегат:  
 1 – механизм передвижения; 2 – тележка; 3 – пульт управления; 4 – гидропривод  
 механизма подъема; 5 – лебедка для подъема и опускания нагревательного узла;  
 6 – паробитумопровод; 7 – магистральный битумопровод;  
 8 – гибкий металорукав; 9 – отвод конденсата;  
 10 – трехшарнирный обогреваемый битумопровод; 11 – электродвигатель;  
 12 – подводящий паропровод; 13 – пакет трубчатых регистров; 14 – короб.

В хранилищах подземного типа применяют нагревательно-перекачивающий агрегат (рис. 4.3), который послойно нагревает (до 90 °С) и перекачивает битум насосом в автобитумовозы, автогудронаторы, битумный цех АБЗ.

Агрегат типа порталного крана монтируют на стальном мосту и перемещают вдоль него по рельсам.

К мосту на стальных канатах подвешивают нагреватель (калорифер). Нагреватель имеет набор труб, соединенных между собой так, что теплоноситель (пар) последовательно проходит все трубы. Битумный насос расположен среди труб в металлической коробке, обеспечивающей подтекание разогретого битума к насосу только из верхнего слоя. По мере послойного разогрева битума происходит опускания нагревателя, нагрев последующего слоя и перекачка его потребителям.

В отличие от донных паровых регистров, размещаемых вблизи дна битумохранилища, и ремонтируемых только после полного опорожнения битумохранилища, профилактику, обслуживание и ремонт нагревательно-перекачивающих агрегатов проводят в любое время, так как разогревают только определенный объем битума, который дальше перекачивают в битумонагревательные установка (битумоплавильни).

В современных нагревательно-перекачивающих агрегатах можно и нужно в качестве теплоносителя применять электроэнергию, инфракрасные лучи, горячее минеральное масло, что снижает расход энергии по сравнению с подогревом паром.

Маслоподогрев применяют в некоторых случаях при эксплуатации стационарных битумохранилищ. С помощью этого способа вязущие материалы можно подогреть до температуры 170-180 °С

Маслоподогрев экономичнее пароподогрева, однако коксование масел в трубах и батареях приводит к загрязнению, необходимости чистки и сокращению их срока службы.

*Электроподогрев.* В настоящее время доказана целесообразность подогрева органических вязущих материалов с использованием электроэнергии.

Для подогрева вязущих в хранилище и приямке используют различные электронагреватели, примеры которых показаны на рис. 4.4. Электрические нагреватели изготавливают в виде спиралей из нихрома, пакетов из гофрированного железа или проволоки (нагрев битума от 10 до 100 °С). Нагреватели помещают непосредственно в нагреваемый материал. Их недостаток - значительный расход электроэнергии: для нагрева 1 т битума при влажности 5 % нужны установки мощностью 60-80 кВт.

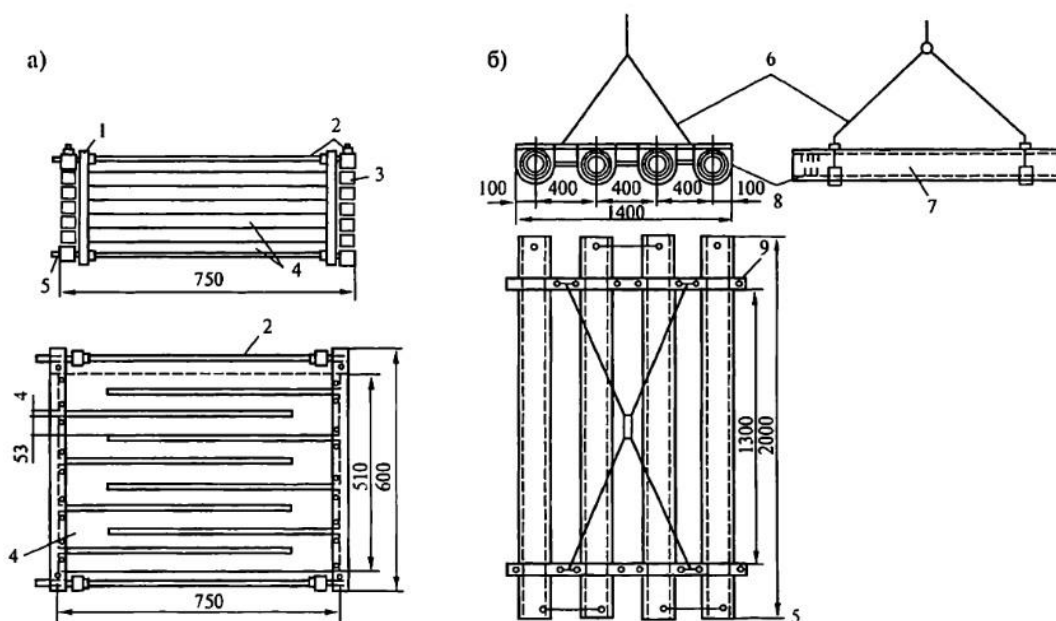
Опыт эксплуатации показал, что лучшие типы энергонагревателей - плоские. В трубчатых нагревателях происходит шлакование вязущих. (рис. 4.4.)

С помощью электроподогрева органические вязущие материалы можно нагревать до 160-180 °С. Стоимость электроподогрева в 1,5-2 раза меньше

стоимости паронагрева. Положительные результаты достигнуты также с помощью инфракрасных излучателей. Ввиду небольших размеров и простоты конструкции эти нагреватели очень удобны при эксплуатации, однако пока широкого применения не получили.

Рис. 4.4. Электрические нагреватели:

а – пакетный пластинчатый; б – трубчатый пакетный; 1 – асбестовые прокладки; 2 – натяжные болты; 3 – деревянные бруски; 4 – нагревательные пластины; 5 – выводные концы элемента; 6 – подвески; 7 – асбестоцементная труба; 8 – нагревательная спираль; 9 – стальные полосы.



Для внутризаводского транспортирования битума используют битумные коммуникации из труб диаметром 2,5-3,5 дюйма с наружным обогревом, который может быть паровым, электрическим или жидкостным (масляным).

Битумопроводы монтируют из стальных бесшовных труб. На притрассовых базах битумопроводы прокладывают по поверхности земли на железобетонных или металлических стойках высотой 3 м. Битумопроводу придают уклон в 20 в сторону подачи битума, обеспечивающий сток битума из любой его части. В пониженных местах битумопровода устраивают отверстия с пробками для выпуска оставшегося в трубах битума.

Перекачку выполняют насосы, преимущественно шестеренчатого типа.

*Обезвоживание битума и его нагревание до рабочей температуры в битумоплавильне с масляным обогревом.*

Нефтеперерабатывающие заводы часто поставляют битум с содержанием влаги более допустимой нормы 2,5 %. Часть битума прибывает с обводнением 10-15 %.

Для обезвоживания и его нагрева до рабочей температуры применяют различные нагревательные (плавильные) установки.

Технологический процесс работы плавильных установок состоит из следующих операций:

перекачки подогретого до температуры 80-100 °С битума из хранилища в котлы-битумоплавильни;

обезвоживания битума при нагреве до температуры 110-120 °С;

перекачки обезвоженного битума в рабочий котел, где его продолжают нагревать до рабочей температуры (130-170 °С), предусмотренной технологическим процессом.

Известно, что перегрев битумов значительно ухудшает их физико-механические свойства. Общая продолжительность нагрева зависит от марки битума, требуемой рабочей температуры, типа плавильни и колеблется от 5 до 12 ч. Для исключения перегрева битумов необходим строгий контроль и автоматизация процесса обезвоживания с тенденцией сокращения его времени.

Циклические способы нагрева, например, битумоплавильных котлах должны быть категорически запрещены повсюду (поскольку такой режим приводит к ускоренному старению битумов).

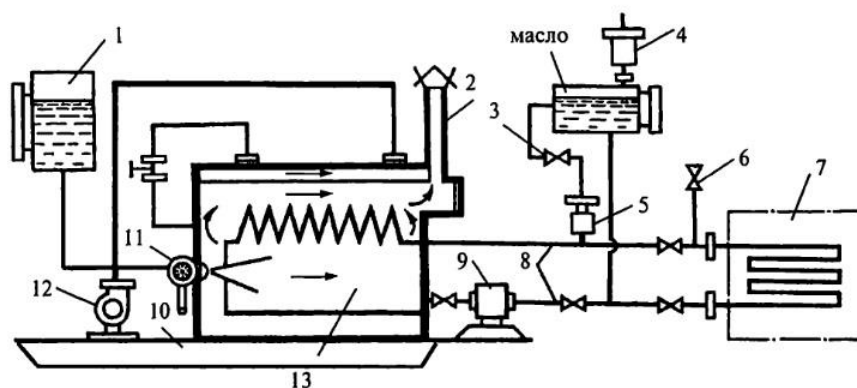


Рис. 4.5. Технологическая схема работы нагревателя цистерны с битумом:  
1 – топливный бак; 2 – дымовая труба; 3 – краны регулировка подачи теплоносителя; 4 – силикагельный патрон защиты теплоносителя от влаги; 5 – газосборник; 6 – вентиль подачи сжатого воздуха; 7 – обогреваемые элементы битумного оборудования; 8 – трубопроводы; 9 – насос для перекачки теплоносителя; 10 – опорная рама; 11 – автомобильная форсунка; 12 – вентилятор; 13 – камера нагрева теплоносителя (масла).

Нагрев битума в котле с масляным нагревом - наиболее прогрессивный и экономичный способ. Используют минеральные масла с низкой вязкостью, высокой температурой кипения, не разлагающиеся при высоких температурах и не вызывающие коррозии металлических частей установки.

Низкая вязкость масел обеспечивает хороший теплообмен, а высокая точка кипения - работу нагревательной системы без избыточного давления.

Для нагрева минерального масла используют специальные агрегаты (рис. 4.5), которые обеспечивают нагрев битума до рабочей температуры и поддерживают необходимую температуру в цистерне-плавильне.

Нагрев масла производят форсунками, работающими на дизельном топливе в автоматическом режиме. Система позволяет автоматически контролировать температуру и давление теплоносителя.

*Обезвоживание битума и его нагрев в бескотловой установке.*

Несмотря на появление новых котловых плавильных установок, стоимость приготовления органических вяжущих в них остается высокой.

Технология работы такой установки (рис. 4.6) состоит в следующем.

Битум нагревается в приемке битумохранилища до температуры 85-90 °С, допускающей его перекачку насосом в напорный бак бескотловой установки. Из напорного бака битум самотеком поступает на передние лотки поточной линии. Поточная линия содержит три лотка: два установлены параллельно друг другу и работают одновременно и один концевой, включенный в линию последовательно с передними.

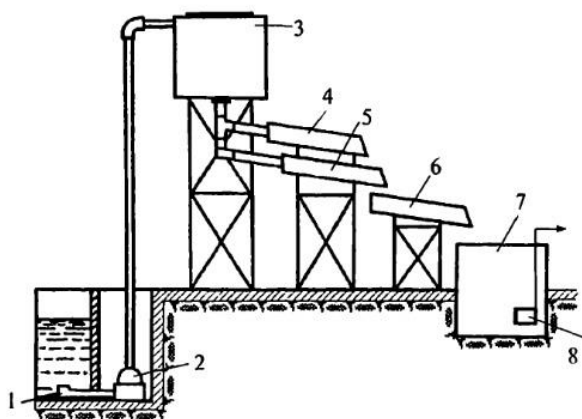


Рис. 4.6. Установка для бескотлового приготовления органических вяжущих материалов:

- 1 – забор вяжущего в хранилище;
- 2 – шестеренчатый насос;
- 3 – напорный бак вяжущего;
- 4, 5, 6 – открытые лотки;
- 7 – расходный бак; 8 – насос.

Лотки изготовлены из открытых асбестоцементных труб (их половинок), на дне которых смонтированы стальные электронагревательные элементы.

Перемещаясь по лоткам битум тонким слоем «омывает» нагревательные элементы. Вначале наблюдается бурное выделение паров воды, затем образовавшаяся малостойкая пена разрушается и во второй половине концевой лотка нагревательные элементы обтекает уже обезвоженный битум, температура которого достигает заданной, т.е. рабочей температуры. Затем битум сливается в расходный бак, откуда подается насосом потребителям.

*Генеральный план битумной базы.*

Общая схема прирельсовой битумной базы показана на рис. 4.7.

Генеральный план битумной базы разрабатывается с целью: решить вопросы расположения битумохранилища, установок для обезвоживания и нагрева битума до рабочей температуры, складов топлива и масел, административно-хозяйственных помещений, ремонтной мастерской, парокотельной и др.; установить положение протяженности дорог, битумных, паровых и водяных коммуникаций, сетей электроснабжения. Рекомендуемый масштаб чертежа генерального плана от 1:200 до 1:500.

Для битумных баз большой мощности целесообразно разрабатывать два плана: генплан и план коммуникаций и дорог.

При решении генерального плана следует учесть также перспективу дальнейшего развития базы, потребность других дорожных и строительных организаций, приготовление эмульсий и т.п. Оформляют генеральный план так же, как и план КДЗ.

При размещении оборудования, в первую очередь, отводят место на плане для битумохранилищ, поскольку они занимают на базе больше всего места. На прирельсовой базе битумохранилище располагают вдоль железнодорожного тупика, обеспечивая фронт разгрузки не менее четырех-пяти цистерн или бункерных вагонов. В центре отводимого участка обычно размещают установку для обезвоживания и нагрева битума с таким расчетом, чтобы битумные и паровые (при паровом обогреве) коммуникации были возможно короче. При этом между битумохранилищем и установкой для обезвоживания и нагрева битума должен быть противопожарный разрыв не менее 25-50 м.

Перед установкой для обезвоживания предусматривают свободную площадку размером 150-200 м<sup>2</sup> для удобного подъезда автогудронаторов и автобитумовозов и загрузки их горячим битумом.

Размещение остального оборудования и сооружений должно обеспечивать удобство обслуживания базы и размещаться с подветренной стороны от битумохранилища и установки для обезвоживания.

Склад жидкого топлива на территории базы лучше не размещать, а вынести за ограду с тем, чтобы более надежно обеспечить противопожарные условия содержания базы и исключить ненужный заезд машин других потребителей топлива на заправку. К парокотельной и форсункам топок топливо подают по трубопроводам, проложенным под землей.

Электростанцию, парокотельную и лабораторию размещают неподалеку от установки для обезвоживания и нагрева битума с соблюдением противопожарных разрывов. Из бытовых помещений на базе целесообразно иметь душ, туалет и гардероб.

Жилые помещения и помещения для культурно-массового обслуживания рабочих рекомендуется также устраивать за пределами базы на расстоянии санитарной зоны (100-200 м) с подветренной стороны.

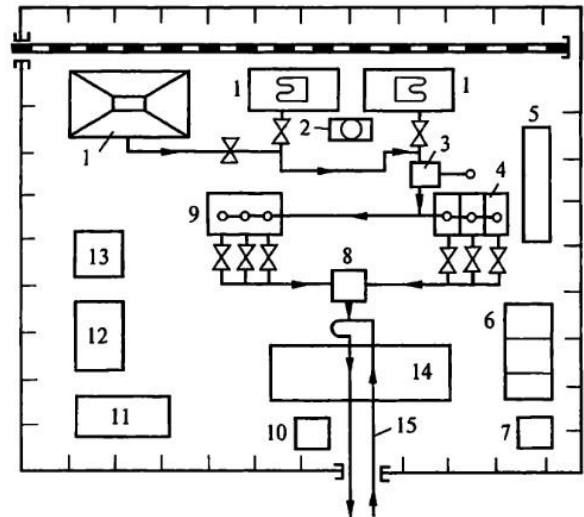
Необходимо предусмотреть ограждение базы, конструкция которого зависит от продолжительности нахождения базы на одном месте и ее мощности: глубокая канава, штакетник, колючая проволока, сплошной забор и др.

Охрана базы и контроль вывоза материальных ценностей должны быть обеспечены при въезде и выезде с базы.

Площадь всей базы складывается из площадей, занимаемых оборудованием и сооружениями, дорогами, противопожарными разрывами, площадками-стоянками автогудронаторов, битумовозов и ремонтируемых машин. Коэффициент использования площади должен быть не менее 0,6-0,8.

Рис. 4.7. План прирельсовой битумной базы:

1 – битумохранилище крытого типа с нагревательно-перекачивающими агрегатами; 2 – преобразователь; 3, 8 – насосы; 4 – обезвоживающие установки для нагрева битума до рабочей температуры; 5 – пожарный сарай; 6 – парокотельная, душ, гардероб; 7 – туалет; 9 – цистерны с обогревом для хранения битума; 10 – охрана; 11 – контора; 12 – ремонтные мастерские; 13 – лаборатория; 14 – площадка для транспорта потребителей битума. 15 – маршрут заезда битумовозов;



Для нормальной разгрузки битума из железнодорожных емкостей на базе предусматривают постоянную пароразводящую систему, для чего по всему фронту разгрузки в паропроводах предусматривают штуцера, позволяющие подключение и одновременный обогрев всех поданных на разгрузку вагонов.

#### *Перспективные направления в работе битумных баз.*

Для совершенствования любой технологии необходимы новые идеи, обоснованные теоретически и имеющие реальную основу для их осуществления. При этом не имеет значения, что в настоящий момент эти идеи неосуществимы по ряду причин: например, нет необходимой документации, опытного образца установки, экспериментально-промышленной апробации и др. Главное заключается в том, что указывается перспективное направление, по которому следует идти, и если не сразу, то поэтапно.

К таким новым идеям, относящимся непосредственно к работе битумных баз, можно отнести две: 1) капсулирование битума и 2) автономное производство гранулированного асфальтовязующего вещества для асфальтобетонных заводов.

Оба новых направления в работе битумных баз относятся к совершенствованию технологии получения асфальтобетонных смесей на АБЗ, получающих гранулированный битум в виде капсул, или сразу гранулированное асфальтовязующее вещество (битум + минеральный порошок).

#### *Капсулирование битума.*

Получение модифицированного битумного вяжущего за счет простого смешения битума с полиэтиленом высокого давления (ПЭВД) известно. В результате использования такого вяжущего свойства асфальтобетона улучшаются. Исследования по капсулированию битума в полиэтиленовую оболочку проведены в Белорусском национальном техническом университете.

Эти работы по использованию ПЭВД в составе битумного вяжущего в виде капсулирующей оболочки резко изменяют существующую технологию на асфальтобетонных заводах.

В результате указанного капсулирования битум превращается в квазидисперсный материал, частицы которого не слипаются, его можно производить в любое время года, накапливать в обычных складах, перевозить в затаренном виде на обычном транспорте. При этом радикально изменяется технология подготовки битума при производстве асфальтобетонной смеси. Из нее полностью исключаются все технологические операции, связанные с тепловой обработкой битума, вплоть до его подачи в смеситель.

Это дает основание для продолжения работ по развитию данного перспективного направления.

*Производство гранулированного асфальтовяжущего вещества.*

Снижение стоимости продукции с соблюдением ее качества - основная задача эффективной работы любого производственного предприятия.

Значительные энергетические затраты при получении асфальтобетонных смесей на асфальтобетонных заводах связаны с необходимостью иметь на них:

сложное энергоемкое битумное хозяйство (прием битума, его хранение и температурная подготовка);

специальные устройства для приема, хранения и подачи минерального порошка к смесителю (компрессоры, дозаторы, силосные емкости и др.).

Идея резкого сокращения затрат энергии на АБЗ заключается в том, чтобы на централизованных (прирельсовых) битумных базах производить (кроме обычной подготовки битумов) готовое комплексное асфальтовяжущее вещество (КАВ) в гранулированном виде и доставлять его на АБЗ любой мощности, включая притрассовые (см. пятую часть). Производство КАВ можно осуществлять круглогодично.

При такой организации выпуска КАВ на централизованных битумных базах открываются значительные возможности для производства модифицированных битумов: в них можно включать полимерные добавки и ПАВ с точным дозированием и тщательной гомогенизацией (химическим средством) или использованием различных физических эффектов (ультразвук, электрогидравлический эффект, эффект вихревого слоя и др.).

*Охрана труда на битумных базах.*

К работе на битумных базах допускают рабочих, знающих технологический процесс, правила производства работ и прошедших инструктаж по охране труда и противопожарным мероприятиям.

Во избежание самовозгорания битума нельзя превышать допустимую температуру нагрева битума. Хранилища, котлы, установки для обезвоживания и нагрева битума разрешается ремонтировать после их остывания. Против вспенивания битума применяют специальные добавки. При выгрузке битума из железнодорожных вагонов под колеса



подкладывают башмаки, препятствующие самопроизвольному перемещению вагонов. Для подачи пара к патрубкам цистерны или бункера шланги присоединяются при закрытом вентиле на паропроводе. Бункер освобождают от держателей и опрокидывают только по сигналу лица, ответственного за разгрузку; лебедку устанавливают со стороны, противоположной выгрузке, надежно расчаливают. К бункеру подходят только со стороны, противоположной разгрузке. Площадки и лестницы у битумохранилища и обезвоживающих установок ограждают перилами высотой не менее 1 м с бортовой доской высотой не менее 18 см. Площадки и лестницы, загрязненные битумом, нужно регулярно очищать.

Рабочих обеспечивают брезентовыми костюмами, рукавицами, предохранительными очками и, если нужно, респираторами или противогазами. Рабочие битумной базы (цеха) обязаны уметь оказать пострадавшему первую помощь. На больших базах создают медицинский пост, в обязанность которого входит контроль за соблюдением правил охраны труда, профессиональной гигиены, наблюдение за использованием средств индивидуальной защиты и правил их эксплуатации, оказание первой доврачебной помощи на месте, решение вопроса о необходимости эвакуации больного и др.

Поражение электрическим током обычно происходит при соприкосновении человека с токоведущими частями проводки, а также вследствие соприкосновения с металлическими частями машин и устройств которые могут оказаться под напряжением из-за повреждения изоляции. Опасность поражения электрическим током определяется его величиной, продолжительностью нахождения человека под действием тока. Наиболее опасен для жизни ток промышленной частоты 50 гц.

Для защиты устройств от опасного перехода напряжения на металлические части машин, трубопроводов следует устраивать защитные заземления или защитное отключение электрооборудования. Персонал, связанный с обслуживанием электрооборудования базы, должен быть знаком со средствами и мерами защиты от поражения электрическим током, хорошо знать требования безопасности при ремонте электроустановок.

Для тушения пожара предусматриваются: водоем из расчета потребности 10 л/сек, ручной насос, противопожарный инвентарь, химические огнетушители, ящики с сухим песком и лопаты.

## **Тема 4.2. Эмульсионные базы**

### *Назначение и классификация дорожных эмульсий.*

Битумная эмульсия - грубодисперсная неоднородная система, состоящая из двух взаимно нерастворимых жидкостей. одна из которых - битум (до 60 %) в виде мелких частиц (около 1 мкм) - диспергирована в другой - воде.

Дорожные эмульсии, как органические вяжущие материалы, широко используются при строительстве, ремонте и содержании дорожных одежд, для укрепления грунтов, для ухода за свежеложенной цементобетонной смесью.

В настоящее время эмульсии активно используются для подгрунтовки перед укладкой новых слоев асфальтобетона, для приготовления эмульсионно-минеральных смесей (главным образом гравийно-эмульсионных), для устройства защитных слоев и поверхностных обработок, с целью реабилитации старых асфальтобетонных покрытий, стабилизации и обеспыливания гравийных дорог, для ямочного ремонта струйно-инъекционным методом. Ведутся работы по получению плотных холодных асфальтобетонов и регенерации старого асфальтобетона с добавлением битумных эмульсий. Сфера применения эмульсий расширяется в сторону создания слоев гидроизоляции на мостах при использовании мембранной технологии. Разработаны составы эмульсий для защиты бетонных конструкций от солевой коррозии.

Современные технологии и материалы, основанные на использовании битумных эмульсий, позволяют обеспечить надежную защиту мостового полотна от агрессивного воздействия окружающей среды на 9-9,5 лет, а при условии периодического ремонта заменой защитных слоев срок эксплуатации мостов может достичь расчетного уровня 50-100 лет, вместо наблюдаемого в настоящее время срока их службы 30-35 лет.

Применение эмульсий имеет ряд преимуществ:

обеспечивается экономия битумов;

можно вести работы при пониженных температурах воздуха (до  $-5^{\circ}\text{C}$ );

обрабатывать холодные влажные каменные материалы;

можно применять эмульсии без их подогрева.

Битумная эмульсия, как и всякая грубодисперсная неоднородная система, обладает невысокой стабильностью, повысить которую можно добавлением специальных поверхностно-активных веществ (ПАВ), называемых эмульгаторами или стабилизаторами, в виде тонкомолотых твердых порошков. Эти вещества создают защитные оболочки вокруг частиц битума, что предотвращает их коагуляцию (слипание).

Эмульгатор - поверхностно-активное вещество, необходимое для образования стабильной эмульсии. Создает защитные оболочки вокруг частиц дисперсной фазы, в результате чего они не слипаются между собой.

Битумные эмульсии классифицируются по ряду характерных признаков: по их типу и виду, скорости распада, количеству вяжущего и др.

По типу эмульсии делят на прямые и обратные. В прямых эмульсиях капли битума диспергированы в воде; в обратных - вода диспергирована в битуме. В дорожном строительстве применяются главным образом прямые эмульсии.

По виду прямые эмульсии делят на щелочные и кислые. Щелочные эмульсии содержат эмульгаторы в виде анионоактивных ПАВ,

которые придают частицам битума отрицательный электрический заряд. Кислые эмульсии содержат эмульгаторы в виде катионактивных ПАВ, придающих частицам битума положительный электрический заряд. Молекулы ПАВ, состоящие из полярной и неполярной частей, ориентируются на границе раздела «битум - вода» таким образом, что неполярной частью они обращены к битуму, а полярной - к воде.

Вследствие такой ориентации поверхностно-активных веществ частицы битума приобретают электрический заряд. Одноименно заряженные частицы отталкиваются, что препятствует их слипанию и обуславливает большую устойчивость эмульсии. Твердые стабилизаторы выполняют ту же роль, что и ПАВ. Они прилипают к поверхности диспергированных частиц битума и образуют на границе их раздела с водой защитные оболочки.

Щелочные эмульсии лучше прилипают к каменным материалам основных пород и хуже к кислым породам; кислые эмульсии лучше прилипают к каменным материалам кислых пород.

По скорости распада прямые эмульсии разделяются на:  
быстрораспадающиеся (коэффициент распада 80-200);  
среднераспадающиеся (коэффициент распада 220-260);  
медленнораспадающиеся (коэффициент распада более 260).

Коэффициенты распада фиксируют скорость разрушения эмульсии путем введения в нее определенного количества эталонных минеральных частиц.

При взаимодействии эмульсии с обрабатываемыми материалами эмульгатор адсорбируется на их поверхности. При этом толщина защитной пленки эмульгатора, которая покрывает частицу вяжущего, уменьшается и частицы вяжущего соединяются. Это характеризует распад эмульсии.

Скорость распада эмульсии зависит от вида и количества эмульгатора, минералогического и фракционного состава обрабатываемых материалов, степени загрязнения их, а также от метеорологических условий в период выполнения работ.

Быстрораспадающиеся эмульсии распадаются в течение 10-30 минут, среднераспадающиеся - за 30-60 минут, медленнораспадающиеся – за 4-24 часа.

Быстрораспадающиеся эмульсии пригодны для различных дорожных ремонтных мероприятий - подгрунтовки, устройства поверхностных обработок и др.

Среднераспадающиеся эмульсии используют для пропитки, при приготовлении черных материалов из щебня основных пород смешением в установке и для различных дорожно-ремонтных работ.

Медленнораспадающиеся эмульсии идут для приготовления черных материалов любого фракционированного состава смешением в установке и на дороге, а также для дорожно-ремонтных работ.

Распад эмульсии - состояние, при котором эмульсии разделяется на составные части. Происходит при длительном хранении и зависит от ее состава.

По количеству вяжущего прямые эмульсии делят на концентрированные и высококонцентрированные.

Концентрированные эмульсии содержат до 74 % эмульгированного вяжущего материала, высококонцентрированные - от 74 до 95 %.

Высококонцентрированные эмульсии непосредственно не применяются; их предварительно превращают в концентрированные, разбавляя водой.

Если при приготовлении концентрированных эмульсий используют твердые эмульгаторы, например, глинистые, кремнеземистые, известковые, то получают пасты.

*Приготовление битумных эмульсий и паст.*

Для приготовления дорожных эмульсий организуют специальные базы или цеха при битумных базах, или АБЗ. Базы могут быть постоянного (стационарные) и временного типов.

Заводы постоянного действия (стационарные) имеют большую производительность и обеспечивают потребность многих потребителей независимо от дальности их расположения от эмульсионной базы. Для доставки эмульсии используют железнодорожный транспорт, автобитумовозы, автогудронаторы.

Технология приготовления битумных эмульсий состоит из трех основных операций:

- 1) подготовки битумов;
- 2) приготовления водного раствора эмульгатора;
- 3) перемешивания этих компонентов.

*Подготовка битумов.*

При приготовлении концентрированных эмульсий битумы обезвоживают в котлах и нагревают до следующих температур (°С):

БНД 200/300 - 80-100;

БНД 130/200 - 100-110;

БНД 90/130 - 110-120.

Исследования, проведенные в СоюздорНИИ, показали, что битум можно подогревать до температуры не более 100 °С.

Подготовленный битум перекачивают в рабочий котел.

*Подготовка водных растворов эмульгаторов.*

Эмульгаторы, как и битум, требуют предварительной подготовки.

Некоторые эмульгаторы легко растворяются в воде и не требуют специальной обработки. Из этих эмульгаторов смешиванием с водой получают раствор, который перед применением нагревают до рабочей температуры 70-80 °С.

Некоторые эмульгаторы, чтобы растворить их в воде, необходимо предварительно омылить водным раствором щелочей (KOH или NaOH). Омыление (варку) осуществляют в специальном котле в течение 3-4 ч.

Приготовленное мыло разбавляют водой пропорции 1:9 и полученный раствор перед применением также нагревают до 70-80 °С, дозируют и направляют в смеситель.

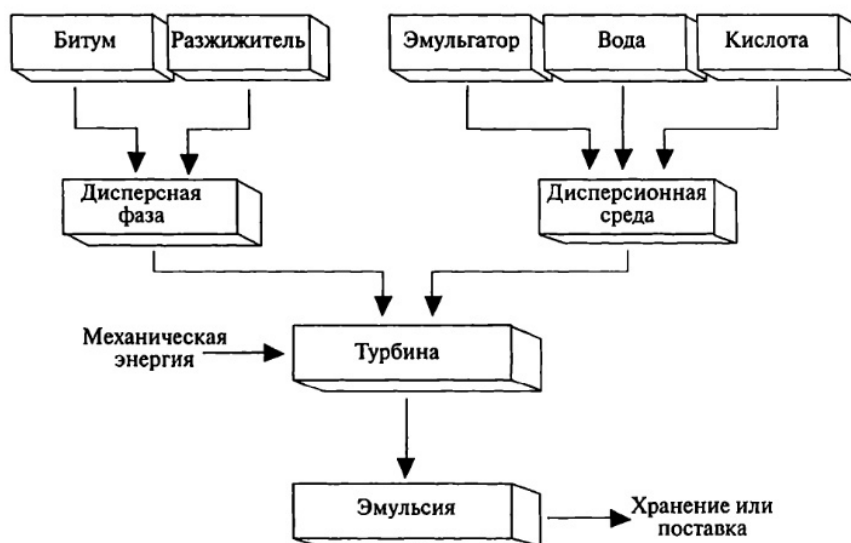


Рис. 4.8. Общая схема получения битумных эмульсий

*Перемешивание компонентов.* При приготовлении щелочных концентрированных эмульсий в зависимости от скорости распада и вида эмульгатора принимают следующее содержание компонентов по массе:

- битум - 50-60 %;
- эмульгатор - 1-2,5 %;
- едкий натр (NaOH) - 0,1-0,4 %;
- вода - 38-48 %.

Для кислых концентрированных эмульсий:

- битум - 50-60 %;
- эмульгатор - 0,75-1 %;
- вода - 39-49 %.

Общая схема производства битумных эмульсий приведена на рис. 4.8.

Принципиальная схема завода (базы) по приготовлению битумных эмульсий приведена на рис. 4.9.

Установлено, что на дисперсность эмульсии особое влияние оказывает вязкость битума, поэтому в его состав вводятся разжижители. В качестве разжижителей используются: керосин, дизельное топливо, индустриальное масло и др. При применении катионактивных эмульгаторов для лучшего их растворения в воде их подкисляют соляной кислотой.

*Оборудование для приготовления эмульсии.*

Промышленное производство эмульсий без специального приспособления для этого оборудования, осуществляющего интенсивное перемешивание с целью получения эмульсии с высокой мощностью частиц битума и обеспечить ее стабильность.

Производство эмульсий обычно осуществляется с помощью аппаратов, называемых диспергаторами. К ним относят: коллоидные мельницы и роторные диспергаторы. Коллоидные мельницы бывают разных моделей. Их характеристики являются:

наличие воздушного зазора, регулируемого или постоянного, находящегося между статором и ротором; промежуток этого зазора имеет непосредственное влияние на тонкость эмульсий;

скорость вращения, которая имеет значение для гранулометрической формы битумных частиц. При некоторых критических скоростях наблюдается явление расслоения, что ведет к низкому качеству эмульсии.

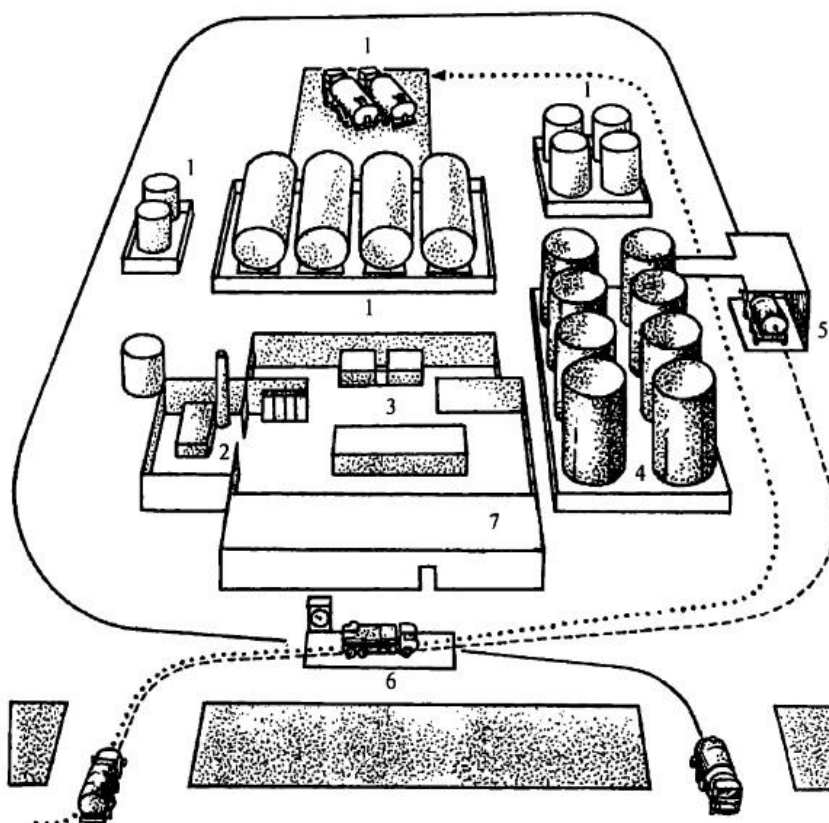


Рис. 4.9. Принципиальная схема эмульсионной базы:

1 – прием и складирование исходных материалов; 2 – источники подачи тепла для поддержания или регулирования температуры использования исходных материалов, системы трубопроводов, приборов производства, насосов готовых эмульсий; 3 – производственная установка (турбинная коллоидная мельница); 4 – емкости для хранения готового продукта; 5 – установка переливания эмульсии в цистерны и бочки; 6 – устройство взвешивания поставляемых продуктов; 7 – лаборатория управления и контроля.

Вышеупомянутые коллоидные мельницы работают непрерывно. Дисперсной фазой и дисперсионной средой они запитываются с помощью насосов с регулируемой мощностью. К машинам непрерывного действия относят роторные диспергаторы. В этих машинах необходимого диспергирования достижимо за время хождения исходных материалов

через ротором и статором (корпусом). Проще проходит процесс диспергирования в однодисковых роторных диспергаторах (рис. 4.10).

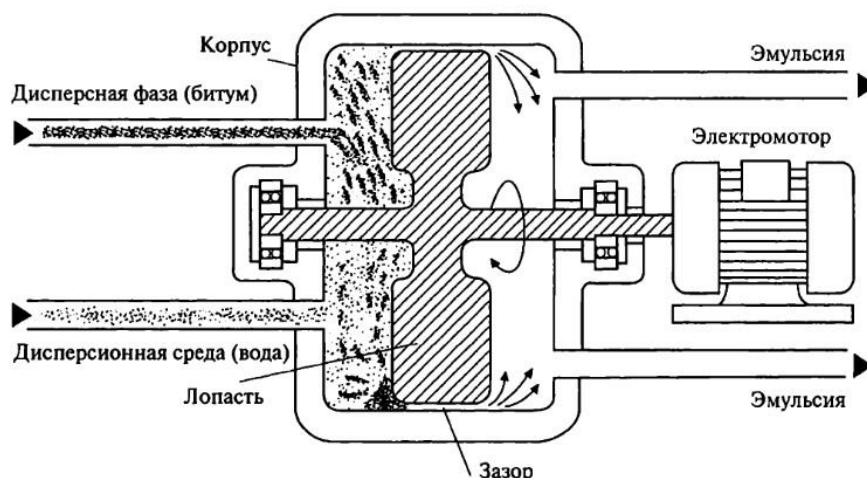


Рис. 4.10.  
Однолопастной диспергатор

*Контроль качества. Заводская лаборатория.*

На эмульсионной базе имеется оборудование для управления и контроля, позволяющее осуществлять контроль качества произведенных эмульсий и, в частности, контроль пробы на процентное содержание воды.

Во время приготовления эмульсии контролируют качество материала, поступающего в мешалку или диспергатор, необходимую температуру, Эмульсия должна иметь цвет от светло- до темно-коричневого. По внешнему виду эмульсия должна быть однородной.

Контроль прямого качества эмульсии включает контроль за составленными частями, которые соответствуют данному лабораторному составу. На поверхности стеклянной палочки, погруженной на мгновение в разбавленную эмульсию, не должно быть больших частиц неэмульгированного битума. Высококцентрированные эмульсии испытывают в процессе приготовления, окончании приготовления их, после разбавления и перекачивания в цистерны или бочки, после охлаждения до температуры воздуха и, наконец, после разбавления до рабочей концентрации. Испытание проводят в соответствии с указанием нормативных документов. Хранение эмульсии. Хранить эмульсию необходимо при температуре воздуха не ниже 0 °С. Цистерны для хранения должны быть чистыми, без остатков дегтя, битума, любых материалов кислого и щелочного характера. С целью предохранения от загрязнения эмульсии и испарения из нее воды цистерны оснащают лопастной пропеллерной мешалкой или используют перемешивание по принципу цистерна-насос-цистерна (метод циркуляции). Перед загрузкой автогудронаторов, автобитумовозов эмульсию пропускают через сетчатый фильтр с отверстиями размером 3 мм. Гарантийный срок действия эмульсий разных классов от 1 до 2 месяцев со дня приготовления эмульсии.

*Приготовление битумных паст.* При большой потребности в пастах их готовят на АБЗ.

При относительно небольшой потребности в пастах организуют базу с менее сложными машинами и оборудованием малой производительности. Приготовление паст организуют также на заводах и базах по приготовлению дорожных эмульсий.

В качестве органического вяжущего используют дорожные битумы или дегти, а твердого эмульгатора - тонкодисперсные природные или искусственные материалы (более 60 % частиц размером менее 0,71 мм). В пасте содержится примерно 30-64 битума, 8-35 эмульгатора и 25-35 % воды.

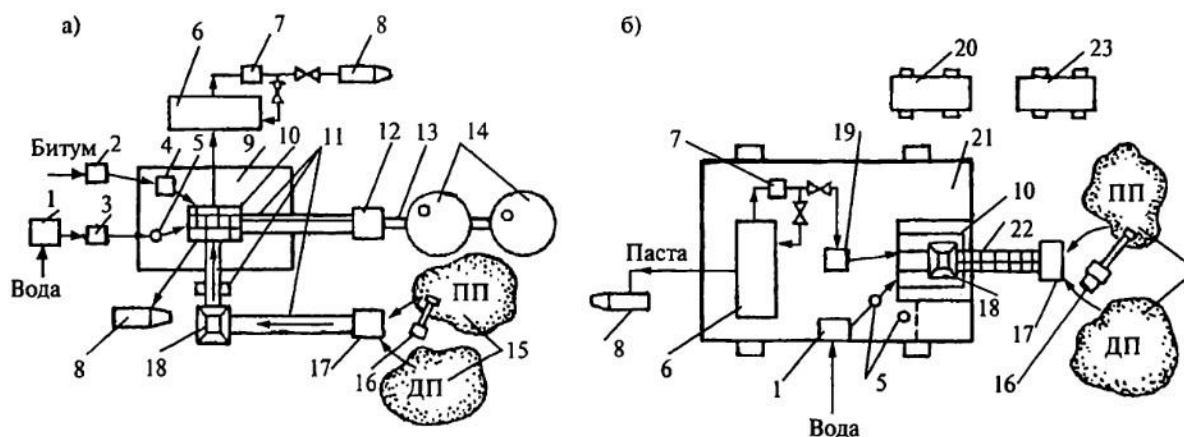


Рис. 4.11. Технологическая схема установки для приготовления битумных паст: а – стационарная установка; б – передвижная установка; 1 – цистерна с водой; 2 – битумный насос; 3 – водяной насос; 4 – дозатор битума; 5 – дозатор воды; 6 – бак для пасты; 7 – растворонасос; 8 – пасторастворонасос; 9 – сборно-разборные подмостки; 10 – асфальтомешалка или бетоносмеситель; 11 – ленточные конвейеры; 12 – дозатор порошка; 13 – шнековый питатель; 14 – передвижные склады цемента, минерального порошка и порошкообразного эмульгатора; 15 – склады природного (ПП) и дробленого (ДП) песка; 16 – автопогрузчик; 17 – приемный бункер; 18 – дозатор минеральных материалов; 19 – дозатор пасты; 20 – передвижная электростанция мощностью 100 кВт; 21 – двухосный автомобильный прицеп; 22 – ленточный конвейер с поперечными планками; 23 – жилой вагон.

Технологический процесс (рис. 4.11) приготовления битумных паст включает операции: подачу в смеситель принудительного смешивания порошкового эмульгатора, подачу в смеситель воды из расчета 30-50 % требуемого количества; смешивание порошкообразного эмульгатора с водой до получения равномерной тестообразной массы; подачу в смеситель подготовленного битума; смешивание тестообразной массы с битумом, в процессе которого добавляют оставшуюся воду; выгрузку готовой смеси.

Подготовка составных частей пасты состоит в нагреве до нужной температуры дорожных вязких битумов (120-180 °С); воду подогревают до 60-80 °С при наружной температуре воздуха ниже 10 °С. В остальных случаях воду не подогревают. Порошкообразный эмульгатор доставляют к



месту приготовления пасты. Для приготовления паст используют асфальтосмесительные установки производительностью 15-25 т/ч, растворо- и бетоносмесители. Время смешивания в растворо- и бетоносмесителях примерно 5-10 минут, в асфальтосмесительных установках с лопастным смесителем принудительного действия 1-2 минуты.

Приготовленную битумную пасту выгружают в автомобилесамосвалы. Пасту можно до отправки на место работ хранить в запасных котлах. При использовании асфальтосмесительных установок их необходимо дооборудовать, установив дозирочный бачок для воды и распределительное устройство. В качестве эмульгаторов для паст применяют известь-пушонку или кипелку молотую с массовой долей не менее 60 % оксида кальция (СаО) и магнезия, фильтр-прессную грязь - дефекаат - отходы сахарного производства, хранившиеся в отвалах не менее 1 года и содержащие не менее 50 % частиц мельче 0,071 мм.

#### *Охрана труда на эмульсионных базах.*

Применяемые для приготовления эмульсий нефтяные битумы, (каменноугольная смола, пеки и антраценовое масло в настоящее время практически не применяются) вызывают раздражение и заболевания кожи.

Работать на эмульсионных установках имеют право только те рабочие, у которых есть удостоверение на право управления машинами и которые абсолютно здоровы. На работе должна быть аптечка с набором медикаментов и нейтрализующих веществ: питьевая сода, борная кислота, слабая уксусная кислота, спирт, лейкопластырь, вата, бинты и др. Обязательно должно быть выделено помещение для хранения личной одежды и отдельно спецодежды, помещение и оборудование для обеззараживания, стирки и сушки.

Если эмульсию приготавливают в закрытом помещении, обеспечивают его приточно-вытяжной вентиляцией (с кратностью обмена воздуха 15-20 раз). Эмульгаторы, едкий натр и его растворы следует хранить в металлических баках, цистернах с плотно закрывающимися крышками.

Соляную кислоту, хранящуюся в стеклянных бутылках только со стеклянными-ми притертыми пробками.

Рабочие предприятия должны иметь: хлопчатобумажные костюмы с кислотоупорной пропиткой, резиновые перчатки, защитные очки и резиновые сапоги.

Перед воронкой диспергатора устанавливают защитное стекло, предотвращает попадание брызг горячего битума и раствора эмульгатора на оператора. Спецодежда рабочих-комбинезоны, фартуки, рукавицы, кожаная обувь, очки. На базах или заводах должен быть душ с теплой водой.

Готовые дорожные эмульсии не являются вредными веществами: при обращении с ними несчастных случаев не происходит. При попадании эмульсии на одежду, лицо, руки следует их обмыть холодной водой; эмульсия легко разбавляется водой и смывается. Обратные эмульсии смывают бензином, керосином.

## **Раздел V. ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ**

### **Тема 5.1. Асфальтобетонные заводы (АБЗ)**

*Назначение и классификация асфальтобетонных заводов.*

Асфальтобетонные заводы (АБЗ) - производственные предприятия для приготовления асфальто- бетонных смесей (горячих, теплых, холодных, литых).

Кроме того, на асфальтобетонных заводах организуют выпуск обработанного битумом щебня (черный щебень), переработку старого асфальтобетона, изготовление штучных изделий в виде плит для дорожного строительства, обработку грунтов органическими вяжущими.

Асфальтобетонные заводы классифицируются по ряду специализированных признаков:

- месту расположения;
- принципу работы технологического оборудования;
- мощности асфальтосмесительных установок;
- компоновке технологического оборудования относительно рельефа местности (вертикальной плоскости);
- степени инвентарности (монтажа оборудования).

По месту расположения различают два типа АБЗ:

прирельсовые и притрассовые.

Прирельсовые АБЗ устраивают в случаях постоянного потребления асфальтобетонных смесей (кроме строительства новых дорог) для ремонта и содержания асфальтобетонных покрытий на сети загородных и городских дорог.

Ввод на территорию АБЗ железнодорожных путей оправдан в случае поставок значительных объемов крупных заполнителей (щебень), минерального порошка и битума.

Прирельсовые АБЗ включают в себя складское хозяйство и оборудование основного и вспомогательного назначения. К складскому хозяйству относят: склады каменных материалов, минерального порошка и битума.

Основное оборудование АБЗ включает асфальтосмесительные установки, агрегаты сушки и нагрева минеральных материалов и битума.

К вспомогательным отделениям АБЗ относят: электростанции или трансформаторные подстанции, устройства, оборудование водоснабжения и канализации, служебные и жилые помещения.

Притрассовые АБЗ организуют вблизи мест укладки асфальтобетонных смесей. Они предназначены для кратковременного использования (1-2 года) на одном месте. Притрассовые АБЗ включают: асфальтосмесительные установки, расходные склады каменных материалов, минерального порошка и емкости для битума (с запасом материалов на 1-5 смен работы АБЗ),

передвижные компрессорные установки, электростанцию (или трансформаторную подстанцию).

Для притрассовых АБЗ характерна доставка крупных заполнителей (щебня, гравия) с прирельсовых баз автомобилями-самосвалами, а минерального порошка и битума -автоцементовозами и битумовозами.

По принципу работы технологического оборудования АБЗ и установки подразделяются на два вида: циклического и непрерывного действия.

При циклическом производстве смесей используются установки периодического действия, предусматривающие порционное дозирование компонентов смеси и их перемешивание.

При непрерывном процессе выпуска смесей операции дозирования, перемешивания и выдачи готовой смеси совмещены во времени в едином цикле.

По мощности асфальтосмесительных установок АБЗ подразделяются на следующие типы:

- малой производительности (до 25 т/ч);
- средней производительности (25-50 т/ч);
- большой производительности (50-100 т/ч);
- сверхмощные (200-400 т/ч).

По компоновке технологического оборудования в вертикальной плоскости АБЗ и установки делятся на башенные и партерные (ступенчатые). Наибольшее распространение получили установки с башенным расположением агрегатов.

По степени инвентарности установок АБЗ подразделяются на типы: стационарные, сборно-разборные и мобильные (передвижные).

АБЗ малой мощности также называют мобильными.

#### *Выбор расположения АБЗ.*

Важной задачей является выбор местоположения АБЗ при строительстве новых дорог и ремонтного обслуживания существующих дорожных асфальтобетонных покрытий. От правильного решения этой задачи зависит не только стоимость смеси, но и эффективность работы АБЗ (полноценность использования оборудования), сроки строительства дорожных асфальтобетонных покрытий, своевременность выполнения ямочных ремонтов и др.

При выборе расположения АБЗ учитывают следующие факторы: объем потребных смесей (зависит от сроков строительства дорог); расположение баз и источников снабжения материалами для приготовления смеси;

- близость железнодорожных станций;
- наличие подъездных путей к заводу;
- возможность получения воды, электроэнергии, газа (мазута); вид смесей (горячие, холодные, теплые, литые).

Для правильного решения задачи на план наносят варианты размещения АБЗ и места потребления их продукции. Оптимальный вариант размещения

АБЗ можно определить по вариантной минимальной величине транспортной работы по доставке исходных материалов на АБЗ и вывозу готовой продукции к месту укладки.

*Разработка генерального плана АБЗ.*

*Основные принципы разработки генплана АБЗ.*

Основная задача составления генплана АБЗ в веденном участке все сооружения, оборудование и транспортные пути таким образом, чтобы обеспечить наиболее экономичный и целесообразный производственный процесс завода с учетом применения совершенной технологии, минимальными энергозатратами и максимальной защитой окружающей среды.

До составления генплана АБЗ определяют размеры всех зданий и сооружений. На стационарных заводах строят здания капитального типа, на временных - монтируют сборно-разборные здания и устанавливают передвижные вагончики.

На генплане АБЗ указывается размещение смесительного отделения, складов минеральных материалов, склада минерального порошка, битумохранилища (с плавильной установкой и рабочими котлами), емкости и устройства для подачи ПАВ, котельная, трансформаторная, инженерные коммуникации, лаборатории, контора, транспортные пути.

Пример генпланов АБЗ показан на рис. 5.1 и 5.2.

При разработке генеральных планов АБЗ необходимо учитывать ряд рекомендаций. Площадь АБЗ должна быть минимальной, но дающей возможность компактного расположения всего необходимого оборудования. Она также должна предусматривать перспективу развития завода.

Основным принципом разработки генплана является рациональное расположение оборудования, при котором соблюдается принятая технологическая схема с минимальными затратами на переработку сырья и транспортировку материалов. Поэтому движение материала от одного агрегата к другому должно быть прямоточным по кратчайшему пути, без дополнительных перегрузок. При этом встречные маршруты должны быть исключены. Склады щебня, песка, минерального порошка, битума необходимо располагать по возможности ближе к смесительному цеху, Это сокращает стоимость транспортных галерей и перемещения материалов другими средствами.

При доставке каменных материалов по железной дороге целесообразно, чтобы разгрузочные площадки находились непосредственно у путей и по возможности вблизи приемных точек бункерных галерей. Для производства асфальтобетонных смесей потребность в щебне (по массе) примерно в 1,5-1,7 раза больше, чем в песке. Поэтому ближе к смесителям располагают штабели щебня, а дальше - штабели песка. Большое значение приобретает использование длины железнодорожных путей (их лучше иметь два: на одном разгрузка минеральных мате- штабели песка. битума и минерального порошка).

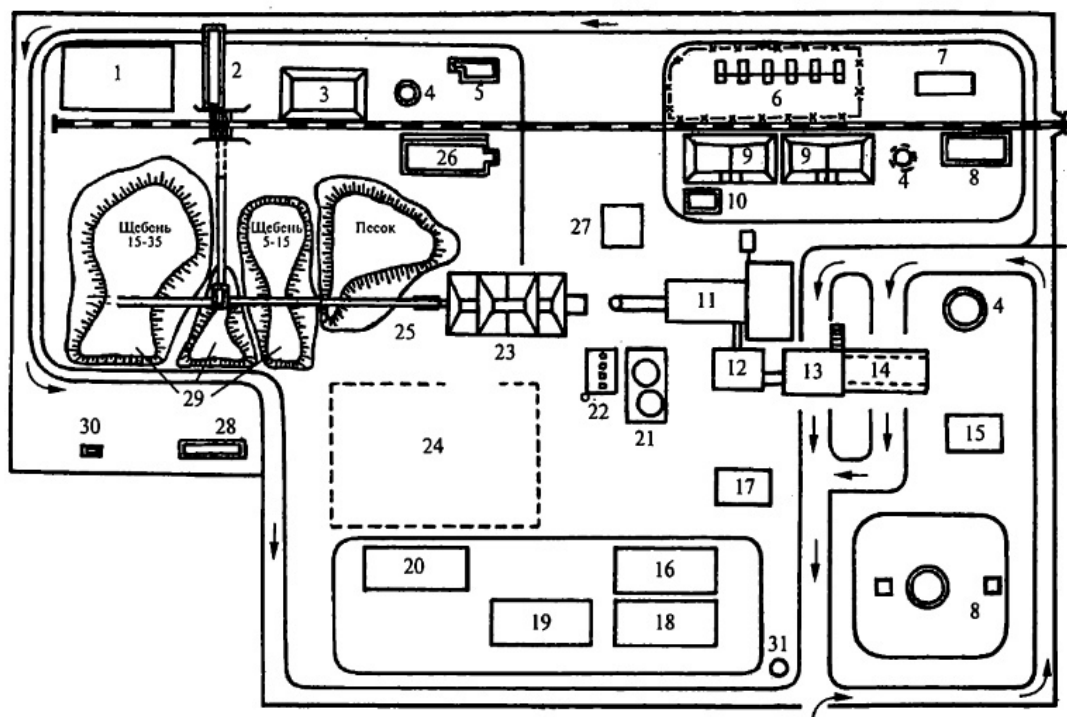


Рис. 5.1. Генеральный план АБЗ:

- 1 – склад топлива и масел; 2 – разгрузочная площадка; 3 – склад твердого топлива; 4 – пожарный резервуар; 5 – парокотельная и душ; 7 – песок; 8 – пожарный сарай; 6, 9 – битумохранилище; 10 – установка для обезвоживания и нагрева битума; 11 – сушильный барабан; 12 – дозирочно-сортировочные агрегаты; 13 – смесительный агрегат; 14 – накопительный бункер; 15 – площадка для машин потребителей смеси; 16 – место для курения и отдыха; 17 – лаборатория; 18 – гардероб; 19 – ремонтная мастерская; 20 – склады материальных и запасных частей; 21 – расходные силосы минерального порошка; 22 – агрегат обеспыливания и удаления газов и дыма; 23 – агрегат грубого дозирования (агрегат питания); 24 – резервная площадка для минеральных материалов; 25 – ленточный транспортер; 26 – цех приготовления минерального порошка; 27 – пульт управления АБЗ; 28 – умывальник и гардероб; 29 – склад минеральных материалов; 30 – туалет; 31 – охрана.

Чтобы упростить процесс выгрузки вяжущего битумохранилище располагают вблизи железнодорожного пути, плавильни и смесителей. Битумоплавильню размещают непосредственно у смесителей. Это необходимо, прежде всего, для уменьшения затрат тепла и энергии на перекачку битума.

Чтобы устранить встречное движение автотранспорта, необходимо проектировать кольцевое или сквозное движение автомобилей.

Ширина проездов должна быть не менее 5,5 м при двухстороннем и 3,5 м - при одностороннем движении. Радиусы поворотов автомобилей должны быть не менее 15-20 м. Желательно, чтобы АБЗ имел два въезда (выезда) и один из них был бы оборудован весами.

Особое внимание надо уделять удобству движения автомобилей у смесителя. Перед смесителем устраивают площадку размером не менее 500-600 м для погрузки, маневрирования и кратковременной стоянки

автомобилей (во время задержек при погрузке). Радиусы поворотов - не менее 15 м.

Под транспортные пути и площадки устраивают твердое покрытие.

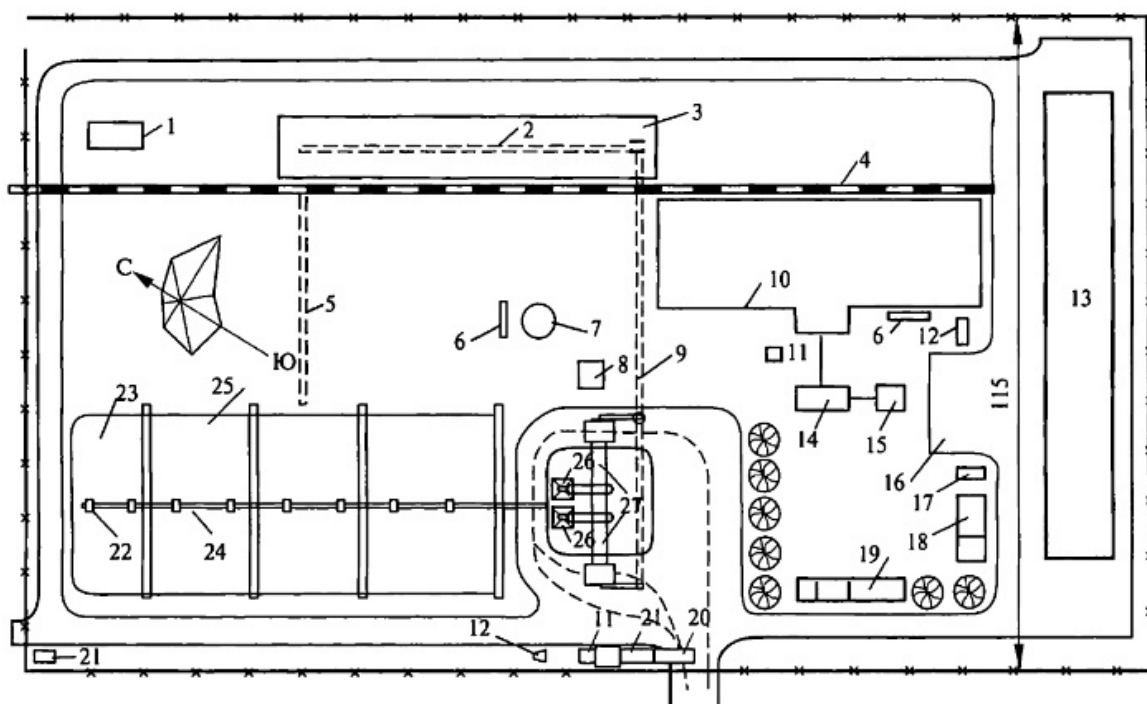


Рис. 5.2. Генеральный план асфальтобетонного завода с двумя смесителями: 1 – склад топлива и смазочных материалов; 2 – шнек для выдачи минерального порошка; 3 – склад минерального порошка; 4 – железнодорожный тупик; 5 – разгрузчик; 6 – пожарные щиты; 7 – склад мазута; 8 – пульт автоматизированного управления АБЗ; 9 – шнек для подачи минерального порошка к смесителю; 10 – битумохранилище; 11 – трансформаторные подстанции; 12 – туалетные; 13 – склад для хранения холодной асфальтобетонной смеси; 14 – битумоплавильная установка; 15 – установка для приготовления поверхностно-активных веществ; 16 – площадка для стоянки машин; 17 – душевая; 18 – механическая мастерская и склад; 19 – контора, лаборатория; 20 – весовая; 21 – проходная; 22 – вибропитатель; 23 – склад песка; 24 – транспортер; 25 – склад щебня; 26 – бункер с питателями; 27 – смесители.

Принципиальное решение всего генплана АБЗ существенно зависит от размещения (компоновки) смесителей (особенно, если их по расчету несколько). Схема возможного размещения смесителей приведена на рис. 5.3.

Раздельная и кольцевая схемы (рис. 5.3 а, г) расположения смесителей требуют большой территории и усложняют транспортирование компонентов смеси к смесителю. Однако при этих схемах компоновки упрощается вывозка готовой смеси. Прямолинейная схема (рис. 5.3 б) более рациональна при наличии двух смесителей (она более компактная). Еще более компактна параллельная схема (рис. 5.3 в). Однако при такой компоновке ухудшаются условия работы автомобилей. Административный блок (контору, лабораторию, буфет) и санитарно-бытовой (душевые, умывальные, медпункт, туалет) целесообразнее отделять от промышленного блока

(смесителей, складов, плавильни, мастерских), чтобы пыль и газовые выбросы не достигали этих объектов.

Особое внимание при проектировании генпланов уделяют вопросам промсанитарии и пожарной профилактики.

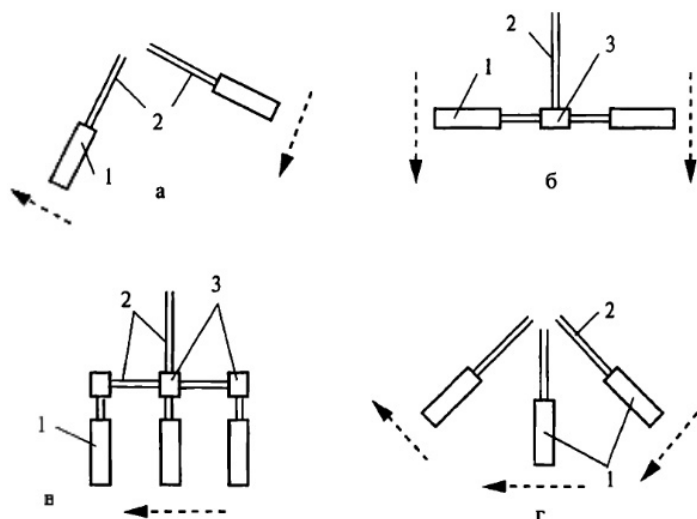


Рис. 5.3. Схемы размещения смесительных установок:  
 а – раздельная; б – прямолинейная;  
 в – параллельная; г – кольцевая;  
 1 – смеситель; 2 – транспортер;  
 3 – накопительный бункер  
 (стрелками указано направление движения автомобилей-самосвалов).

Всю территорию АБЗ ограждают. На территории завода должны быть зеленые насаждения, цветники. Правильное расположение всех служб с учетом санитарно-гигиенических и эстетических требований способствует лучшей организации труда.

На генеральном плане АБЗ должны быть нанесены схемы водопровода, электросети, битумопровода, паропровода, газопровода, теплофикации и др. При проектировании генплана АБЗ разрабатывают несколько вариантов и оптимальный выбирают на основе технико-экономического сравнения по ряду показателей.

Принятый вариант генплана вычерчивают в масштабе 1:500.

На генплан наносят:

все сооружения с указанием их размеров в плане;

розу ветров;

привязку завода к местности;

схему поверхностного водоотвода с территории завода;

транспортные пути и площадки;

конструкции покрытий;

спецификацию оборудования и его основные характеристики (марку, количество, мощность);

инженерные коммуникации с указанием их параметров (диаметр труб, тип кабеля и т.п.);

здания (их название и площадь).

Строительно-монтажные работы на АБЗ осуществляются в соответствии с предварительно разработанным проектом организации строительства (ПОС) и проектом организации работ (ПОР), которые включают в себя

строительные чертежи на фундаменты под оборудование, здания и сооружения, схемы и графики монтажа оборудования, ведомости материалов, расчет необходимого числа рабочих, монтажных приспособлений, а также генеральный план строительства и сметно-финансовый расчет.

В общий комплекс строительно-монтажных работ входят: подготовительные работы, устройство коммуникаций и фундаментов под оборудование, строительные работы, монтаж оборудования, прокручивание и пробный пуск его, благоустройство завода и сдача в эксплуатацию.

Работы начинают с подготовки территории. Производят планировку поверхности, устраивают ограждение, разбивают и закрепляют оси фундаментов зданий и сооружений. Особое внимание уделяют подготовке к монтажным работам. Прибывающее оборудование складируют в соответствии с очередностью монтажа, собирают отдельные узлы, проверяют детали и узлы по спецификациям и др. В подготовительный период целесообразно выполнить работы по устройству и монтажу хранилища, чтобы заблаговременно завезти на АБЗ органические вяжущие материалы. Перед монтажом смесителей предварительно устраивают фундаменты и под сами смесители, и под сушильные барабаны, питатели, бункеры, электродвигатели, битумоплавильные котлы, насосы, компрессоры, паровые котлы и другое оборудование.

Фундаменты под оборудование делают из сборного железобетона, а иногда, под легкое оборудование, из бутовой и кирпичной кладки. Строительство фундаментов осуществляется по типовым чертежам. При бетонировании в фундаментах оставляют анкерные колодцы, в которые при монтаже помещают крепежные болты. Монтаж оборудования ведется после того, как бетон фундаментов приобретет не менее 75 % проектной прочности. Установив оборудование, делают строгую геодезическую выверку, затем устанавливают закладные детали и болты, устраивают опалубку и заливают быстротвердеющим бетоном анкерные колодцы. Далее заливают цементным раствором подпорную плиту оборудования.

Одновременно со строительством фундаментов ведут строительство электросети, водо-, битумо- и паропровода.

Монтаж оборудования выполняют согласно монтажным схемам и инструкциям. Смесители монтируют укрупненными узлами весом до 3-5 т каждый. Для монтажа используют передвижные краны грузоподъемностью 7-10 т. Смонтированное оборудование прокручивают в течение нескольких часов, предусмотренных инструкцией. После прокручивания и сдачи по акту оборудование проверяют еще раз пробным пуском. Одновременно с монтажом оборудования выполняют все строительные работы. Их ведут комплексные бригады в соответствии с графиком работ.

Необходимое количество работников (ИТР, рабочие) определяется специальными технико-экономическими расчетами, на основании которых разрабатывается штатное расписание.



Калькуляция стоимости асфальтобетонной смеси составляется с учетом фактической стоимости материалов, состава асфальтового бетона по данным подбора и всех фактических затрат на приготовление смеси.

Сметно-финансовый расчет определяет стоимость строительства завода. Методика таких расчетов излагается в курсах «Организация и планирование дорожного строительства» и «Экономика дорожного строительства».

Разрабатываются основные вопросы по охране труда, технике безопасности и противопожарной технике, а также защиты окружающей среды.

В заключение определяются основные технико-экономические показатели завода.

АБЗ можно располагать по различным вариантам, но оптимальный будет зависеть от соотношения количества привозных и местных материалов, доставляемых на завод.

Необходимо учитывать возможность снижения стоимости устройства асфальтобетонного покрытия за счет использования мобильных (передвижных) установок для приготовления смесей.

Склады исходных материалов для приготовления асфальтобетонных смесей и механизация погрузочно-разгрузочных работ

Для работы АБЗ необходимо иметь ряд расходных складов: для каменных материалов (щебень, гравий, песок), минерального порошка, битума, добавок, топлива (мазут), масел, запасных частей и др.

Склад определенного расходного материала должен обеспечивать его хранение с минимальными потерями, не допускать увлажнения и засорения. При этом емкость складов не должна превышать оптимального запаса даже на случай временного прекращения поступления материала.

Склады можно классифицировать по следующим основным признакам.

По виду продукции - склады щебня, песка, битума, минерального порошка, горюче-смазочных материалов (ГСМ) и др.

По способу хранения открытые штабеля (щебень, гравий, песок), на весы - для лесных и стальных изделий, оборудования. Закрытые склады - для хранения минерального порошка (силосы), склады для хранения органических вяжущих - наземные и подземные битумохранилища.

*Склады органических вяжущих материалов.*

Для доставки битумов из нефтеперерабатывающих заводов на стационарные, прирельсовые АБЗ используют железнодорожные цистерны грузоподъемностью 50-60 т и более, оборудованные системой трубопроводов и змеевиков для паропрогрева и снабженные тепловой изоляцией. При расстояниях до 300 км также применяют автомобили-битумовозы грузоподъемностью 3-5 т, а также емкости, оборудованные системой газового подогрева грузоподъемностью 7, 15, 24 т на шасси седельного типа.

Вязкий битум сливают в битумохранилища, подогревая до температуры 80-90 °С (из автомобилей-битумовозов).

Потребное количество тепла  $Q$  (ккал) на разогрев битума в железнодорожных цистернах или вагонах-самосвалах бункерного типа определяют:

$$Q = \frac{M \cdot c(t_n - t_k)n_y \cdot K_3 \cdot n_6}{T}$$

где  $M$ -количество разогреваемого битума в одной цистерне или бункере при сливе (выгрузке), кг;

$c$  - теплоемкость битума (0,400-0,512), кал/град;

$t_n, t_k$  - начальная (10 °С) и конечная (70-90°С) температуры при выгрузке и сливе;

$n_y$  - количество разгружаемых железнодорожных цистерн или вагонов;

$n_6$  - количество бункеров в вагонах;

$T$  - продолжительность разгрузки (предельно - 2 часа);

$K_3$  - коэффициент запаса, учитывающий потери тепла в окружающую среду (1,12-1,18).

Для приема и хранения битумов устраивают битумохранилища подземного типа (навесы или здания) или наземные в виде вертикальных цилиндрических емкостей или просто цистерн.

Склады каменных материалов -щебня, гравия, песка устраивают различными по конструкции в зависимости от типа завода, его производительности, условий снабжения и способов хранения.

На временных АБЗ обычно устраивают склады открытого типа, имеющие различные очертания в плане: круглое, прямоугольное, веерообразное и др. (рис. 5.4 а). Такие склады строят на открытых спланированных площадках с уклоном 0,5-1,5 % для обеспечения стока атмосферных осадков.

Желательно, чтобы площадки, отводимые под склады, имели асфальтобетонное или цементобетонное покрытие.

Форма склада в плане зависит от вида хранимого материала, объемов хранения, высоты штабеля, способов погрузочно-разгрузочных работ. Высота штабелей изменяется от 3-5 до 10-15 м, угол естественного откоса  $\alpha$  штабелей составляет для сухого песка 32-35°, для влажного - 35-40", Гравия - 38-40", щебня - 40-45°.

Материал в штабели подается различными средствами: транспортерами и грейферами при высоте штабеля до 5 м, штабелеукладчиками при высоте штабеля до 15 м. Погрузка материалов из штабелей в транспортные средства производится с помощью экскаваторов, автопогрузчиков, транспортеров, многоковшовых самоходных погрузчиков и других средств.

На постоянных АБЗ обычно строят склады эстакадно-траншейного типа (рис. 5.4 б). На таких складах материал хранится по отдельным фракциям в различных штабелях, периодически загружаемым транспортером, установленным на эстакаде. Материал на эстакадную галерею подается из разгрузочных штабелей камнедробильных цехов или приемных бункеров по наклонной галерее с помощью загрузочного устройства. В зависимости от

потребности в тех или иных фракциях материал через тетки поступает в предварительно отдозированном количестве на транспортер и далее по наклонной транспортерной галерее - в сушильное или дозирочное отделение.

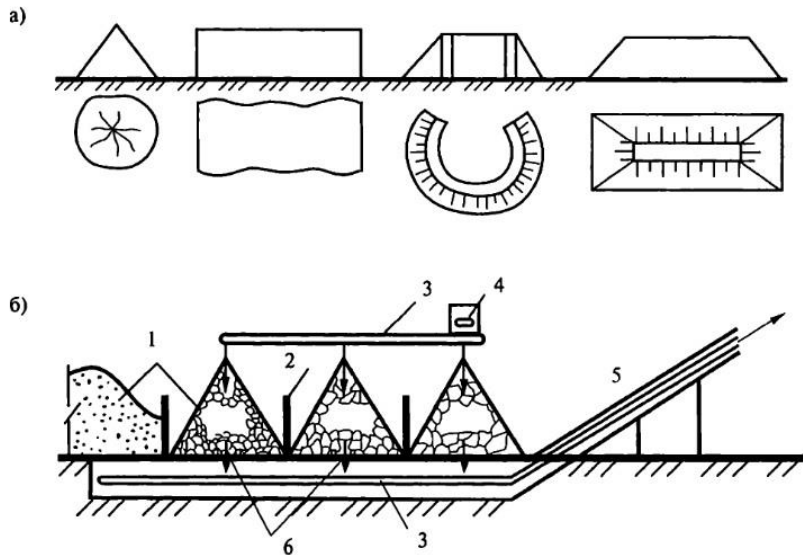
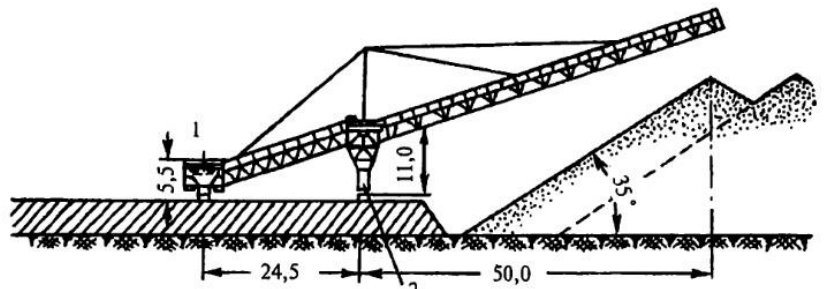


Рис. 5.4. Склады каменных материалов:  
 а) – открытого типа с указанием форм штабеля в разрезе и плане;  
 б) – эстакадно-траншейного типа;  
 1 – штабели песка и щебня (щебень 5–10, 10–20, 20–40 мм);  
 2 – разделительные перегородки; 3 – транспортер; 4 – загрузочное устройство для подачи материалов; 5 – наклонная транспортерная галерея; 6 – разгрузочные тетки.

Рис. 5.5. Схема работы штабелеукладчика:  
 1 – ходовая тележка;  
 2 – приводная тележка



Загрузка материалов в штабели и разгрузка из них на таких складах полностью механизированы и осуществляются с помощью системы транспортов.

Учитывая, что каменные материалы могут увлажняться атмосферными осадками, для подготовки при подаче к смесителю требуется их сушка, поэтому целесообразно для уменьшения энергозатрат устраивать склады каменных материалов под навесами или делать закрытыми. Эффективность такого решения обосновывается следующим: для снижения 1 % влажности каменного материала необходимо затратить 20 ккал тепла на 1 м<sup>3</sup>.

Транспортирование щебня, гравия и песка на АБЗ производится бульдозерами, транспортерами, ковшовыми элеваторами, передвижными

кранами, штабелеукладчиками. Щебень и песок от мест разгрузки к приемным точкам подземных транспортных галерей на расстояние до 70-80 м подают бульдозерами.

Широко применяют на АБЗ ленточные транспортеры для перемещения щебня, гравия и песка. Используют также передвижные транспортеры длиной 5, 10, 15 м, шириной ленты 500 и 800 мм, с высотой подъема до 6 м и углом подъема материалов до  $30^\circ$ . При транспортировке на большие расстояния применяют звеньевые транспортеры со звеньями 80, 100, 240 м, шириной ленты до 800 мм.

Производительность передвижных транспортеров изменяется в пределах от 50 до 100, звеньевых от 50 до 250 т/ч. Использование транспортеров позволяет отсыпать штабель разнообразной формы. Так, при использовании одного передвижного транспортера-штабелеукладчика, материал отсыпают в конус (рис. 5.5), в других случаях при использовании специальных машин материал можно формировать в виде кольцевого склада заполнителей (рис. 5.6).

В некоторых случаях щебень и песок от мест выгрузки подают к складам с помощью различных автопогрузчиков.

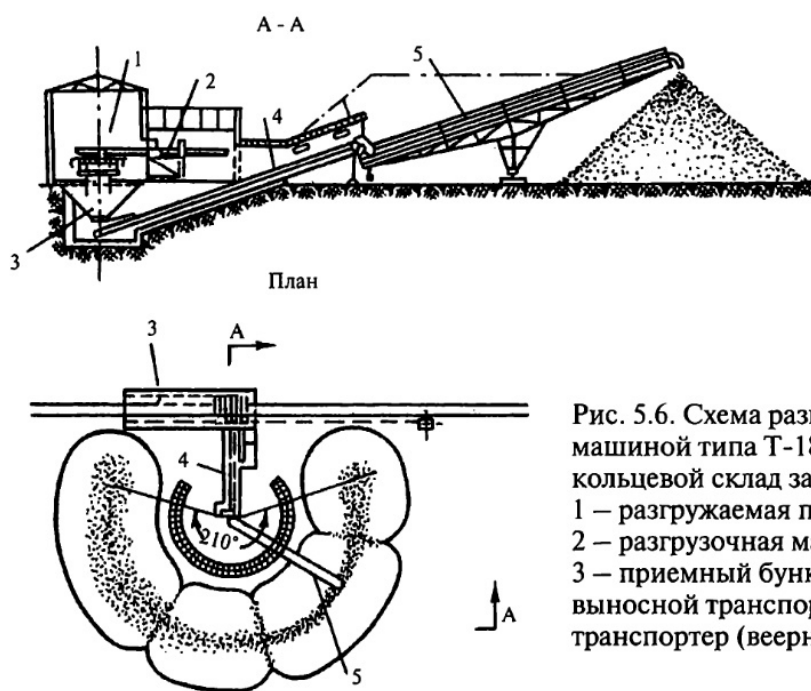


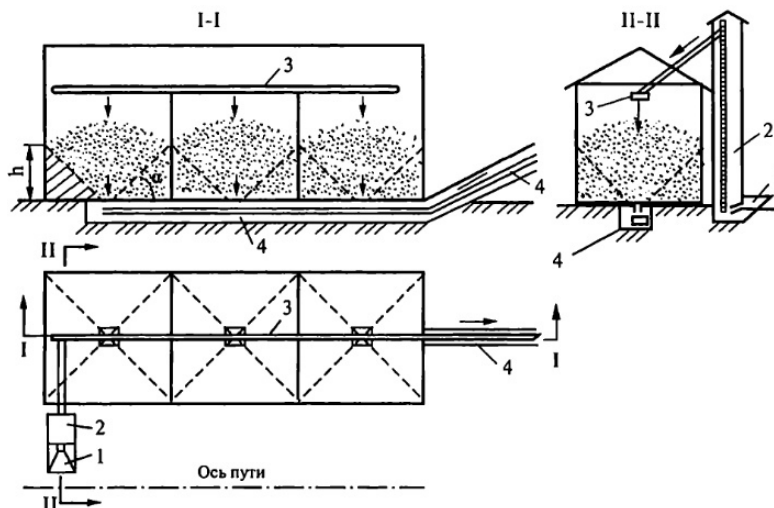
Рис. 5.6. Схема разгрузки материалов машиной типа Т-182А в штабельный кольцевой склад заполнителей:  
 1 – разгружаемая платформа;  
 2 – разгрузочная машина;  
 3 – приемный бункер; 4 – стационарный выносной транспортер; 5 – передвижной транспортер (веерный конвеер).

Для вертикального транспортирования щебня, песка под углом к горизонту более  $30^\circ$  применяют ленточные и цепные ковшовые элеваторы. Ленточные ковшовые элеваторы используют при высоте подъема до 20-35 м, цепные ковшовые элеваторы до 20 м. Ковшовые элеваторы обычно помещают в кожухи из листовой стали, что предохраняет материал от раздувания ветром и увлажнения дождем. Производительность ковшовых элеваторов, применяемых на АБЗ, составляет 10-50 т/ч. 34.3. Склады минерального порошка. Поскольку минеральный порошок легко раздувается

ветром и его свойства снижаются при увлажнении, его хранят в закрытых помещениях. На временных заводах наиболее эффективно устраивать склады передвижного типа различной емкости (25-200 т). Склады представляют собой металлические резервуары, оборудованные системой погрузки и разгрузки.

Рис. 5.7. Схема амбарного и бункерного (пунктирные линии) складов:

1 – приемный бункер;  
2 – вертикальный ковшовый подъемник;  
3 – ленточный конвейер для загрузки отсеков склада;  
4 – ленточный транспортер или шнек для подачи материалов в смесительный цех.



На временных АБЗ часто строят амбарные или бункерные склады (рис. 5.7). Минеральный порошок из железнодорожных вагонов или автомобилей-силосов (цементовозов) загружается в приемный бункер. Ковшовым подъемником порошок подается на ленточный горизонтальный конвейер, с помощью которого загружают склад. Для хранения порошка с различными физико-механическими свойствами склад разделяют на несколько емкостей (секций). Через течки порошок из любой секции поступает на ленточный горизонтальный транспортер или шнек, смонтированный в подземной галерее, которым подается в смесительный цех.

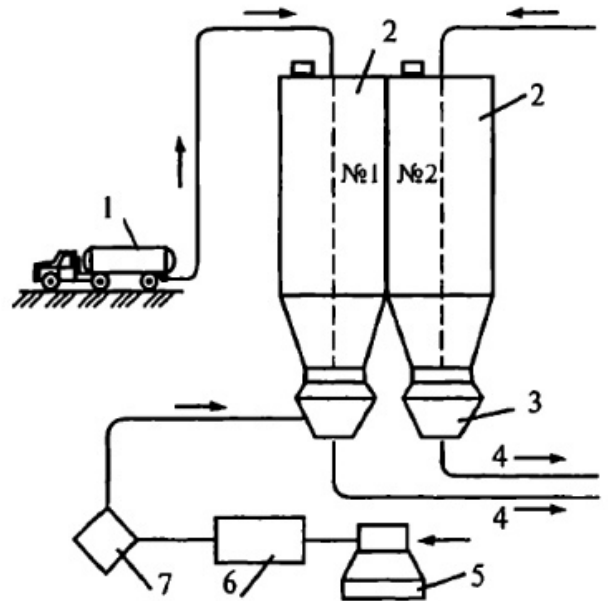
В амбарных складах при уменьшении запасов хранения ниже некоторой высоты  $h$  (см. рис. 5.7) возникают зоны, из которых порошок приходится подавать к течкам вручную, что снижает уровень механизации работ. Этого недостатка лишены бункерные склады, у которых днище устраивают под некоторым углом  $a$ , обеспечивающим самотечное движение материала к течкам. Бункерные склады позволяют полностью механизировать подачу порошкообразного материала к смесителям.

Для того чтобы влага не проникала в помещения склада, внутреннюю поверхность ограждений обивают пароизоляционными материалами: рубероидом, пергамином, полиэтиленовой пленкой и др. Емкость амбарных складов в среднем 200-500 т, емкость секций 100-200 т: емкость бункерных складов 500-100т, емкость секций около 200т.

На постоянных АБЗ устраивают бункерные или силосные склады.

Рис. 5.8. Схема загрузки  
силоса:

- 1 – автоцементовоз;
- 2 – силос;
- 3 – камерный насос;
- 4 – подача потребителю;
- 5 – компрессор;
- 6 – реверсор;
- 7 – регулятор.



Вследствие легкой распыляемости ветром при открытой разгрузке и погрузке бывают потери в размере около 3-5 % порошка. Поэтому необходимо применять такие средства механизации при погрузочно-разгрузочных работах, которые уменьшали бы растыляемость порошка. Эффективны для таких работ пневматические разгрузчики, эрлифты, шнековые разгрузчики. Вместимость и оборудование склада зависят от расхода и условий поставки минерального порошка (железнодорожным, водным, автомобильным транспортом). По железной дороге минеральный порошок доставляют в крытых вагонах (большие потери при погрузке, разгрузке). Лучшим транспортным средством являются вагоны-цементовозы с пневматической разгрузкой продукта, автоцементовозы.

Выгрузку из крытых вагонов производят механизированным способом с использованием пневморазгрузчиков всасывающего или всасывающе-нагнетательного действия.

Доставка в специализированных транспортных средствах-цистернах с пневматической разгрузкой имеет много преимуществ: низкие транспортные расходы; погрузка и разгрузка минерального порошка занимают меньше времени, чем разгрузка вагонов; потери материала сводятся к минимуму. Принцип разгрузки вагона-цементовоза основан на свойствах аэрированного минерального порошка вытекать из цистерны подобно жидкости и в струе сжатого воздуха перемещаться по трубопроводу непосредственно на склад в силосы хранения.

В автоцементовозах большой вместимости минеральный порошок транспортируют на расстояние до 300 км. Разгрузка автоцементовоза основана на таком же принципе, что и железнодорожного цементовоза.

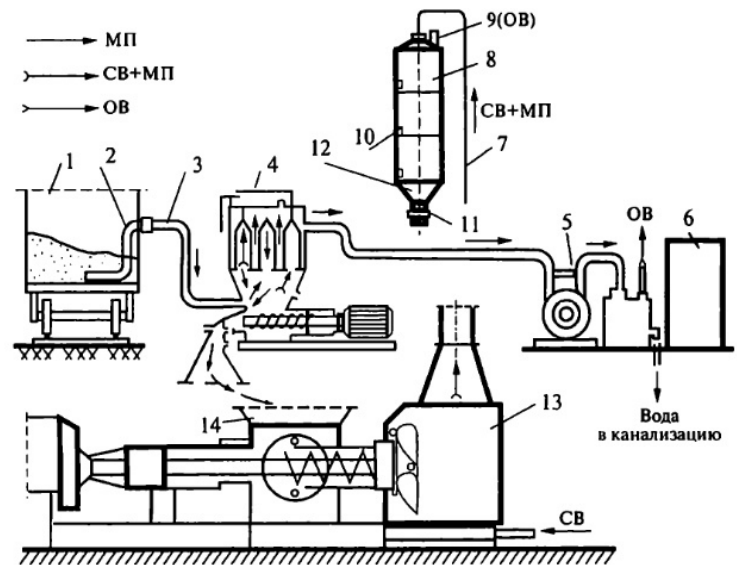
Хранят минеральный порошок в железобетонных и стальных силосах и бункерах. Промышленность выпускает инвентарные склады, очень удобные для применения (рис. 5.8).

Загрузку силосов производят из автоцементовоза с пневматической разгрузкой, подачей материала из цистерны непосредственно в силос. Для внутризаводского транспортирования используют камерный насос, которым транспортируют минеральный порошок на расстояние 1 км при высоком рабочем давлении воздуха (до 0,7 МПа).

Значительное внимание уделяется разгрузочных операций на складах минерального порошка АБЗ. На рис. 5.9 показана примерная схема автоматизированного склада минерального порошка АБЗ. Для транспортирования порошка на складе используют винтовые транспортеры (шнеки), ковшовые элеваторы и аэрожелоба. Возможны различные схемы подачи минерального порошка в силосы и расходные емкости: при подаче порошка пневматическим разгрузчиком порошок поступает через ковшовый элеватор в верхний аэрожелоб; аэрожелобом порошок попадает в силос; порошок загрузочный бункер ковшового элеватора подается шнеком; выдача из силосов в расходные емкости идет по следующей схеме: силос нижний аэрожелоб расходные бункера.

Рис. 5.9. Механизированный склад минерального порошка:

- 1 – железнодорожный вагон;
- 2 – заборное устройство;
- 3 – всасывающий шланг;
- 4 – осадительная камера;
- 5 – вакуум-насос; 6 – пульт управления; 7 – трубопровод;
- 8 – силосный склад минерального порошка; 9 – фильтр;
- 10 – указатель уровня; 11 – донный аэровыгрузатель; 12 – аэроднище силоса; 13 – смесительная камера;
- 14 – приемный бункер винтового насоса; МП – минеральный порошок; СВ+МП – сжатый воздух + минеральный порошок; ОВ – отработанный воздух.



### *Контроль качества продукции АБЗ.*

Качество асфальтобетонной смеси - это устойчивость, которые соответствуют требованиям нормативных документов (ГОСТ, СТБ, ТУ) на тип приготавливаемого асфальтобетона и его марку.

Показатель качества обусловлен качеством исходных материалов: щебня, песка, минерального порошка, битума и уровень технологического оборудования на АБЗ. Обеспечение качества смеси начинается с проектирования ее состава. Если состав подобран неправильно, то требуется его немедленная корректировка в соответствии с показателями, установленными Государственным стандартом.

Контрольную проверку качества осуществляет центральная лаборатория или лаборатория АБЗ (в зависимости от наличия).

Контроль надежности хранения материалов, точности их дозирования, температурного режима, получаемого состава запроецированному-основным условиям получения гарантированного качества готовой продукции АБЗ-асфальтобетонной смеси.

Перед началом лаборатория совместно с механиком АБЗ проверяет точность каждой смены работы дозаторов. Лаборатория проверяет в течение смены несколько раз влажность на складах щебня и песка, поступающих для изготовления смесей, В случае отклонений от нормативных значений (в случаях резкого изменения погоды) вносится соответствующая корректировка.

В процессе приготовления смеси контролируют температуру сушеного и нагретого щебня, песка, битума. На автоматизированных АБЗ эти операции выполняют приборы автоматики, передавая данные на пульт управления.

На неавтоматизированном заводе настройки производит оператор.

Контроль готовой смеси (в основном ее температуры) дежурный лаборант на весовой с помощью термометра в металлической оправе или электронным портативным прибором.

Организация «идеального» контроля на АБЗ должна предусматривать:

а) для исходных материалов: выборочный контроль физико-механических свойств песка, гравия, щебня, МП в объемах, соответствующих расходу в течение смены;

б) для операций: непрерывный контроль температуры минеральных материалов и вяжущих, дозирования минеральных компонентов и гранулометрического состава смеси в целом (с помощью мини-ЭВМ) с помощью конечного обеспечения комплектного проектного; дозирования органического вяжущего и ПАВ, продолжительность использования минеральных компонентов с органическим вяжущим и однородности смесей;

в) для готовой асфальтобетонной смеси: непрерывный контроль температуры смеси, выборочный контроль содержания битума и физико-механических свойств сформованных образцов асфальтобетона экспресс методами.

*Охрана труда и противопожарные мероприятия на АБЗ.*

Охрана труда. Основными ответственными исполнителями мероприятий по охране труда на АБЗ являются мастера цехов. Они обязаны проводить первичный (при поступлении на работу) и повторные инструктажи на рабочих местах (на каждом рабочем месте), а также повседневный контроль, инструктаж и обучение рабочих безопасным приемам работы, обеспечивать рабочих спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты, обеспечивать опасные рабочие места предупредительными надписями «Посторонним лицам находиться на рабочих местах и в зоне работы машин и оборудования запрещается».

На заводе должна быть аптечка с медикаментами и средствами для оказания первой медицинской помощи пострадавшим, газированная или питьевая вода.



Все погрузочно-разгрузочные работы выполняют под руководством ответственного лица, назначенного приказом.

Площадка вокруг асфальтосмесительного агрегата, а также лестницы должны быть надежно ограждены, полы должны иметь сплошное и ровное покрытие.

Битумохранилища ограждают забором из негорючих материалов с калиткой, чтобы посторонние не имели доступа к ним.

При оказании первой помощи в случае ожога горячим битумом немедленно смывают его керосином и делают примочку из 5%-ного раствора марганцовокислого калия.

Перед пуском сушильного агрегата проверяют систему подачи топлива, пара или сжатого воздуха к форсунке. В проверку входит герметичность труб, исправность паро- и топливопровода и всех кранов. При зажигании форсунки сначала немного открывают вентиль подачи пара или сжатого воздуха, затем вентиль подачи топлива, после чего к соплу подносят запальник

Рекомендуется иметь электрозапальник на длинной ручке (1,5-2 м). После воспламенения топлива, постепенно увеличивают подачу пара (воздуха). Во избежание ожога и выброса пламени из сушильного барабана у входного отверстия топки должен быть установлен защитный козырек из негорючего материала. Для предохранения глаз от ожогов форсуночник обязан работать в защитных очках.

Осматривать, смазывать и ремонтировать работающий асфальтосмеситель запрещается. Сушильный барабан разрешается осматривать и ремонтировать только после его остывания. При прекращении работы требуется выключить поступление топлива к форсунке, продолжая дуть, чтобы проветрить барабан от накопившихся в нем взрывоопасных газов. Асфальтобетоносмесительная установка должна быть оборудована надежной системой очистки от дыма и пыли. Рекомендуется двух-, трехстадийная очистка газов: сухая и мокрая.

Одним из эффективных мероприятий по снижению вредных выбросов в атмосферу является газификация АБЗ, перевод автомобилей-самосвалов на газовое топливо.

Для создания хорошего микроклимата территорию АБЗ озеленяют вне зависимости от срока нахождения его на одном месте, используя быстрорастущие деревья и кустарники.

Одним из важных элементов охраны природы является рекультивация территории завода после его передислокации на новое место.

#### *Противопожарные мероприятия.*

Асфальтобетонные смесители снабжают не менее чем тремя огнетушителями, располагая их вблизи форсунки, на лестнице и около расходного бачка мазута. Площадку около форсунки ограждают перилами высотой 1 м.

Асфальтобетонный завод должен быть оборудован средствами пожаротушения: водоемами, запасными цистернами для воды, резервуарами, достаточной длины шлангами, насосами для подачи воды, передвижными мотопомпами (при отсутствии водопровода), огнетушителями.

Необходимо предусматривать запасный въезд на территорию завода и выезд, свободный подъезд к водоемам. Категорически запрещается нарушать допускаемые разрывы между производственными и бытовыми строениями.

## **Тема 5.2. Технология приготовления горячих асфальтобетонных смесей. Изготовление асфальтобетонных плит**

### **Технология приготовления горячих асфальтобетонных смесей.**

Важнейшим и завершающим процессом на АБЗ является приготовление смеси. Для эффективного осуществления этого процесса необходимо выполнять следующие технологические операции: предварительное дозирование минеральных заполнителей, их сушку и подогрев, сортировку по фракциям; обезвоживание и подогрев битума до расчетной температуры, его дозирование: дозирование минерального порошка; перемешивание всех компонентов и выдача потребителю. Все эти операции выполняются в смесителях различного типа.

Производительность и эффективность работы завода, а также количество выпускаемых асфальтобетонных смесей обусловлены, главным образом, работой смесительного отделения АБЗ.

#### *Технологическое оборудование смесительного отделения.*

По его производительности рассчитывают оборудование всех цехов. Технологическое оборудование цеха- асфальтосмесительную установку поставляют заводы-изготовители комплектно производительностью 12, 25, 50, 100, 200 и 400 т/ч. Не всегда один вид оборудования может обеспечить приготовление разных марок смесей, литого асфальта, смесей с использованием битумосодержащих пород и тд. Асфальтосмесительное оборудование разделяют по назначению, производительности, принципу действия и уровню мобильности смесителя.

Асфальтосмесительное оборудование разделяют на три группы. К первой относят установки для приготовления асфальтобетонных смесей марок I и II и литого асфальта, ко второй установки, предназначенные в основном для получения смесей марок II и других видов горячих смесей, к третьей оборудование для приготовления смесей без нагрева составляющих.

Выбирая асфальтосмесительные установки, учитывают принцип их действия периодического и непрерывного смешивания. Установки периодического действия применяют в тех случаях, когда требуется частое изменение состава смесей. Для длительного выпуска смеси одного состава применяют установки непрерывного действия, для приготовления смесей марок I и II - установки как периодического, так и непрерывного

смешивания, для приготовления смесей марок III и дорожных смесей без нагрева щебня и песка используют в основном непрерывный способ смешивания.

По компоновке смесительного агрегата установки могут быть с башенным и партерным расположением оборудования. В первом случае оборудование смесительного агрегата размещено на небольшой площадке последовательно одно над другим, образуя башню, во втором на площадке большего размера рядом друг с другом и связано между собой транспортными средствами.

Установки периодического действия имеют в основном башенную компоновку, установки непрерывного действия-партерного типа.

Приготовление горячих смесей (рис. 5.10). Со склада щебня и песка материал подают одноковшовым погрузчиком на пневмоходу в отсеки бункера агрегата питания 1, который обеспечивает равномерную подачу щебня и песка на холодный ковшовый элеватор 3, а с него в сушильный барабан. В агрегате питания происходит предварительное дозирование по объему холодного и влажного материала. Равномерная его подача способствует стабильности процесса сушки и нагрева, бесперебойной работе смесительного агрегата.

Сушильный агрегат включает сушильный барабан с топкой и форсункой, бак с подогревом мазута.

Агрегат обеспыливания 5 задерживает пыль, не давая ей вылететь в атмосферу. В современных конструкциях асфальтосмесительных установок отечественного производства улавливание пыли достигает 85-95%. Часть ее используют как добавку к минеральному порошку, позволяя расходовать его экономно. Для хранения пыли используют специальное хранилище. Эту пыль дозируют отдельно от минерального порошка. Количество добавляемой пыли и разрешение на ее использование устанавливает лаборатория.

Смесительный агрегат включает горячий ковшовый элеватор 6, плоский вибрационный грохот конструкции, не допускающей вибрации металлоконструкций агрегата. Сортировку щебня производят по размерам, необходимым для приготовления асфальтобетонной смеси. Рассортированный материал поступает в отсеки «горячего» бункера 8. В некоторых установках он обеспечен системой обогрева. Наиболее часто и эффективно в качестве теплоносителя используют горячее минеральное масло (см. «Битумные базы»).

В современных асфальтосмесительных установках дозаторы минерального порошка, пыли уноса, битума, добавок ПАВ устраивают отдельными. Точно отдозированные компоненты смеси поступают в лопастной смеситель 15 периодического или непрерывного типа принудительного действия. В некоторых конструкциях смесители имеют теплоизоляцию и обогрев циркулирующим горячим минеральным маслом, пропускаемым под давлением через двойные стенки корпуса смесителя.

Из смесителя готовую смесь выгружают в автомобили-самосвалы. Погрузка в автомобили-самосвалы происходит из накопительного бункера 17, куда смесь подают скиповым подъемником 16 или другими видами транспортирующих устройств.

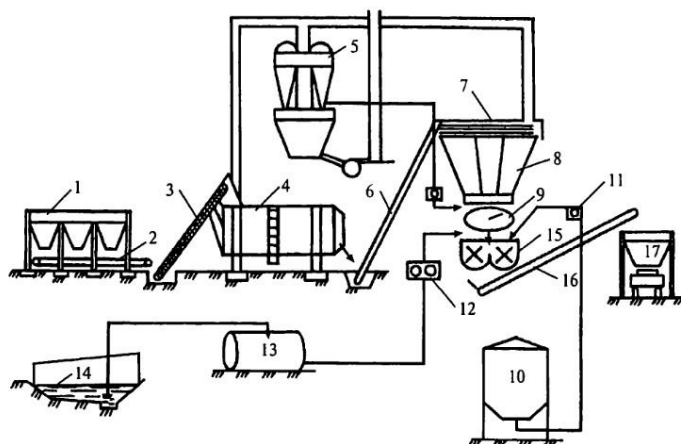


Рис. 5.10. Технологическая схема приготовления асфальтобетонной смеси:  
 1 – агрегат питания; 2 – ленточный транспортер; 3 – холодный ковшовый элеватор;  
 4 – сушильный барабан; 5 – агрегат пылеулавливания; 6 – горячий ковшовый элеватор;  
 7 – плоский грохот; 8 – бункер с отсеками; 9 – дозатор для песка, щебня;  
 10 – склад минерального порошка; 11 – дозатор минерального порошка;  
 12 – дозатор битума; 13 – битумный котел; 14 – битумохранилище; 15 – мешалка;  
 16 – скиповый подъемник; 17 – накопительный бункер.

Приготовление качественной смеси зависит от точного дозирования и перемешивания составляющих минеральных компонентов с горячим битумом. Для этого используют лопастные мешалки принудительного перемешивания.

В зависимости от вида приготавливаемой смеси, целесообразна различная скорость вращения лопастей мешалки. Для этого мешалки снабжают специальными коробками передач.

Принудительное перемешивание осуществляют различными методами: ротационным, динамическим, вибрационным.

Ротационное перемешивание достигается установкой лопастей мешалки в одном направлении.

Динамический метод характеризуется увеличенными скоростями вращения вала в сочетании с подачей вяжущего под высоким давлением (18-22 атм.). При этом материал в мешалке не перемешивается как обычно, а подбрасывается вращающимися лопастями и поддерживается во взвешенном состоянии («кипящий слой»).

Битум распыляется форсунками и, превращаясь в аэрозольный «туман», хорошо обволакивает поверхность всех частиц минерального материала (рис. 5.11). Виброперемешивание находится в стадии экспериментов и наиболее отработано для приготовления цементобетонных смесей.

Погрузку в автомобили-самосвалы горячей смеси ускоряют, устраивая накопительные бункера. Могут быть один или два накопительных бункера

емкостью, равной грузоподъемности большегрузного автомобиля-самосвала. Бункер выполняют из стальных листов с двойными стенками с обогревом паром, электричеством или горячим маслом.

В зарубежной практике дорожного строительства на АБЗ, помимо накопительных бункеров, входящих в состав асфальтобетонной смесительной установки, включают дополнительные бункера-хранилища емкостью до 20 % от производительности завода. Обычно это металлические силосные банки с затворами или питателями на выгрузочном отверстии. Теплоизоляционный слой банок предохраняет от остывания горячей смеси за 24 ч на 10°С при заполнении объема силоса на 75 %. В ряде случаев устраивают такие накопительные бункера с масляным или электрическим обогревом. Загрузку бункеров производят вагонетками с автоматически открывающимися днищами. Передвигаются вагонетки по монорельсу. Управление вагонетками-дистанционное. Предусматривается возможность хранения горячих смесей различной крупности.

*Приготовление литой асфальтобетонной смеси (литого асфальта.)*  
Эту смесь готовят на обычном оборудовании асфальтобетонных заводов и на специализированных установках. Особенность этих установок (рис. 5.12) - наличие оборудования для нагрева минерального порошка.

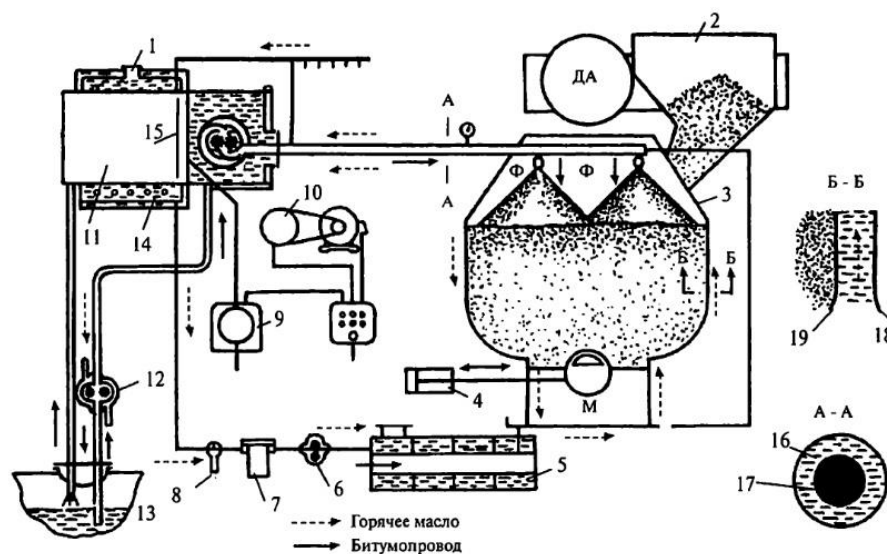


Рис. 5.11. Динамический метод приготовления асфальтобетонных смесей в мешалке циклического действия:

- 1 – расходомер; 2 – расходный бункер; 3 – мешалка; 4 – пневматический цилиндр для открытия днища мешалки; 5 – подогреватель масла; 6 – насос для горячего масла; 7 – фильтр для масла; 8 – кран; 9 – счетчик-расходомер; 10 – битумный насос высокого давления; 11 – форкамера для распыляемого битума; 12 – циркуляционный насос; 13 – емкость для битума; 14 – масляный обогрев расходомера; 15 – фильтр для битума; 16 – горячее масло; 17 – битум; 18 – наружная стенка мешалки; 19 – внутренняя стенка мешалки; ДА – дозатор-автомат; М – манометр; Ф – форсунка.

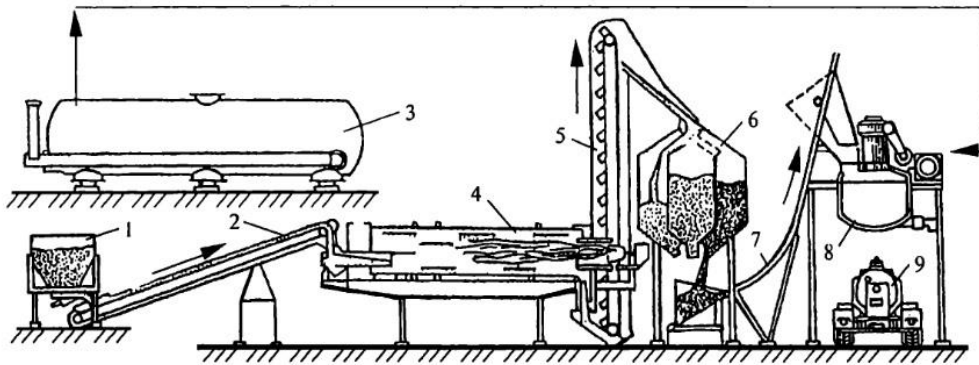


Рис. 5.12. Технологическая схема приготовления литого асфальта на специализированной установке:

1 – бункер; 2 – ленточный конвейер; 3 – обогреваемая битумная цистерна с обезвоженным битумом; 4 – сушильный барабан; 5 – горячий ковшовый элеватор; 6 – теплый бункер; 7 – скиповый подъемник; 8 – смеситель лопастной принудительного действия; 9 – асфальтовоз с подогревом в пути.

Влажные и холодные щебень и песок необходимых размеров поступают со склада по ленточному конвейеру или подаются одноковшовым погрузчиком на пневмоколесном ходу к агрегату питания. Отсюда по наклонному конвейеру материал подают в сушильный барабан, где его просушивают и нагревают до рабочей температуры, и ковшовым элеватором перемещают на грохот. Разделенные по размерам щебень и песок поступают в дозаторы и после взвешивания в смеситель. Холодный и влажный минеральный порошок элеватором подают в нагреватель, где высушивают и подогревают до рабочей температуры, а затем элеватором в расходный бункер.

После взвешивания необходимой порции минеральный порошок поступает в смеситель обычной или специальной конструкции с вертикальным лопастным валом.

Готовую продукцию выгружают в специализированные средства (автомобили с котлами, снабженными системой подогрева и смешивания в пути) или в автомобили-самосвалы (жесткие литые смеси).

#### *Изготовление плит из асфальтобетонных смесей.*

Круглогодичное изготовление асфальтобетонных плит из местных песков, зол-уносов ТЭС, вязкого битума и монтаж их на дороге позволяют отказаться от привозных каменных материалов, более равномерно загрузить АБЗ, эффективнее использовать трудовые ресурсы, строительную технику, транспортировать изделия на любые экономически целесообразные расстояния и в результате значительно увеличить темпы дорожного строительства.

Кроме того, применение асфальтобетонных плит в конструкциях дорожных одежд имеет ряд достоинств и в эксплуатационном режиме:

основания из плит обладают большей по сравнению со щебенистыми слоями распределяющей способностью, и эффективность их возрастает (как гидроизоляционных прослоек) на болотистой и переувлажненной местности;

значительная толщина плит способствует уменьшению растягивающих напряжений в нижней части основания, что предотвращает появление трещин в покрытии.

По ряду причин вопросу технологии уплотнения асфальтобетонных изделий и качеству их изготовления не уделялось должного внимания, и он остается все еще недостаточно изученным. Особенно это касается технологии формования и уплотнения асфальтобетонных смесей с использованием объемно-направленной вибрации. Поэтому в технической и учебной литературе вопрос о штучных изделиях из асфальтобетона и вибрационной технологии их изготовления почти не отражен.

В настоящее время разработана методика установления оптимальных составов смеси с учетом технологий ее формования и уплотнения.

Внедрение прогрессивной технологии и оптимальных составов позволяет сократить расход битума в смеси с 12 до 5-6 %, а прочностные показатели асфальтобетона в изделиях увеличить в 2,5-4 раза по сравнению с ранее применяемыми на производстве технологиями изготовления.

Анализ показывает, что применение сборных асфальтобетонных конструкций имеет ряд преимуществ по сравнению с монолитным способом устройства покрытий и оснований:

- при устройстве монолитных асфальтобетонных покрытий температура смеси ограничивает дальность ее транспортирования до 40-50 км. Увеличение дальности возки всегда связано с риском остывания смеси ниже критически допустимой температуры уплотнения;

- ограничение дальности возки асфальтобетона, в свою очередь, вызывает необходимость устройства дорогостоящих асфальтобетонных заводов на каждые 80-100 км строящейся дороги;

- возможность изготовления асфальтобетонных изделий круглогодично, независимо от погоды и температуры воздуха, и круглосуточно (использование ночного и темного времени суток);

- возможность транспортирования асфальтобетонных изделий на любое экономически целесообразное расстояние, в связи с чем строительство может осуществляться в поселках, на объектах, размещенных очень далеко от асфальтобетонных заводов%;

- круглогодичное изготовление асфальтобетонных изделий открывает возможность планомерно организовать вывозку их на объекты строительства. Это особенно важно для дорожников, у которых не хватает транспорта в летний период;

- отсутствие потребности в большом количестве укладочных комплектов и разных типов катков для уплотнения асфальтобетонных смесей;

- возможность достижения более высокого качества асфальтобетона (лучшее уплотнение, заводской контроль за температурным режимом при уплотнении), а также возможность заблаговременно готовить большие запасы изделий и в нужный момент доставлять их на объекты строительства;

- исключаются зимние и весенне-осенние простои большого количества асфальтобетонных заводов и открывается возможность перевода их на двух, трехсменную круглосуточную работу;

- возможность на предприятиях промышленного типа легче решать вопросы обеспечения исходными материалами, энергией, водой, паром, сжатым воздухом, подсобно-вспомогательными и бытовыми помещениями, ремонтной базой: эффективней заниматься вопросами охраны труда и охраны природы, что в конечном итоге ведет к повышению производительности труда, снижению стоимости строительства, представлению дополнительных рабочих мест.

Важным фактором, тормозящим темпы дорожного строительства и определяющим высокую стоимость строительства, часто является отсутствие своих природных каменных материалов. Их приходится перевозить на тысячи и более километров. Каменный материал получают путем разрушения и переработки прочных скальных пород. В то же время большую часть земной поверхности занимают вторичные осадочные горные породы, главным образом мелкие пески.

В связи с отсутствием в ряде регионов местных каменных материалов весьма эффективно было бы заменить их, хотя бы частично, на местные материалы. Осуществление такого мероприятия, к примеру, для транспортного строительства (строительство автомобильных и прочих дорог аэродромов, сельскохозяйственных и промышленных площадок, обустройство поселков, агрогородков и т.п.), высвободило бы значительные денежные и материальные ресурсы. В этом отношении весьма перспективно использование отходов промышленного производства (например, отработанных формовочных смесей литейного производства, выход которых ежегодно составляет в России около 15 млн. т, а в Беларуси - 700 тыс. т).

Многолетние зарубежные и отечественные исследования и накопленный практический опыт монолитного и сборного строительства из асфальтобетонных смесей создали необходимые предпосылки для разработки конструкций крупногабаритных плит из асфальтобетонных смесей для дорожного строительства.

#### *Промышленное изготовление асфальтобетонных плит.*

Поточные методы формовки плит основаны на ритмичном выполнении технологического процесса, операции которого согласованы во времени.

Для формовки малых безарматурных плит разработаны карусельный формовочный стан для уплотнения на вибростоле с пригрузом (рис. 5.27), вибропрокатный стан с использованием групповых форм на 16 плит для уплотнения на вибростоле с пригрузом последующим прокатом по пригрузу (рис. 5.28).



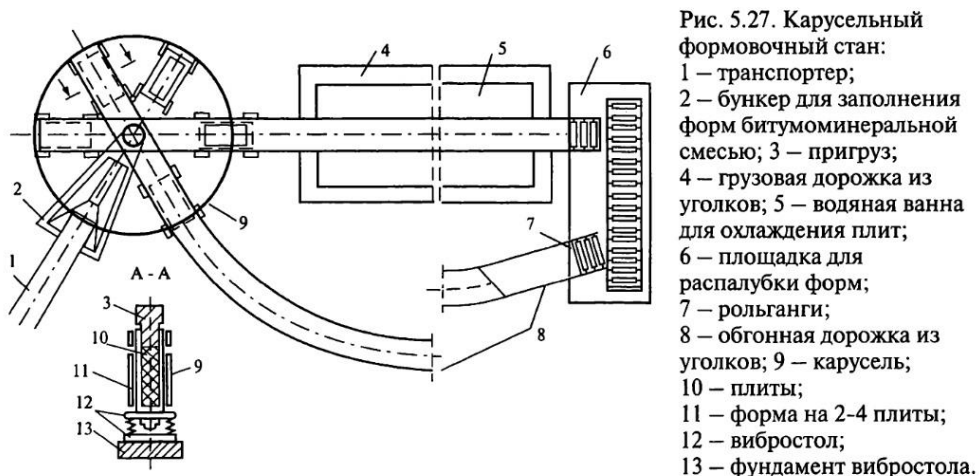


Рис. 5.27. Карусельный формовочный стан:  
 1 – транспортер;  
 2 – бункер для заполнения форм битумоминеральной смесью; 3 – пригруз;  
 4 – грузовая дорожка из уголков; 5 – водяная ванна для охлаждения плит;  
 6 – площадка для распалубки форм;  
 7 – рольганги;  
 8 – обгонная дорожка из уголков; 9 – карусель;  
 10 – плиты;  
 11 – форма на 2-4 плиты;  
 12 – вибростол;  
 13 – фундамент вибростола.

Производительность поточных линий формования битумоминеральных плит  $\Pi$  (число плит в смену) определяется по формуле

$$\Pi = T \cdot 60N \cdot \frac{K_v}{K_{\text{ц}}}$$

где  $T$  – продолжительность смены, ч;

$K_v$  — коэффициент использования линии во времени;

$t_{\text{ц}}$  продолжительность одного цикла, мин;

$N$  – число одновременно формируемых плит.

На поточной линии с карусельным формовочным станом одновременно изготавливают четыре плиты. За 1 смену продолжительностью 8 ч при  $K_v$  — 0,85 и  $t_{\text{ц}}$  — 3 мин производительность линии  $\Pi \sim 540$  плит в смену. Плиты охлаждаются в водяной ванне. Для обслуживания линии требуется 5 человек, из них 2 человека на стане и 3 человека на площадке распалубки. Размеры формируемых плит от 25x25x4 до 50x50x5 см. Рядом с формовочной размещают линию охлаждения плит в воде, после чего производят распалубку плит. Для формовки дорожных плит разработано несколько вариантов поточных линий с различными методами уплотнения и охлаждения. На поточном столе одновременно формируют две плиты с уплотнением на вибростоле с пригрузом (рис. 5.29) при одновременной вибрации боковых стенок формы. При формировании плит на вибропрокатном стане смесь уплотняется на вибростоле без пригруза с последующим прокатом (рис. 5.30). Формы перемещаются по рольгангу, плиты охлаждаются водой. Для успешного развития индустриального метода ведения дорожно-строительных работ необходимо расширить и углубить исследования по разработке высокопроизводительного мобильного технологического оборудования для формования плит; организовать промышленный выпуск этого оборудования и оснастить им действующие АБЗ, а новые - проектировать и строить в комплексе с цехами формовки плит.

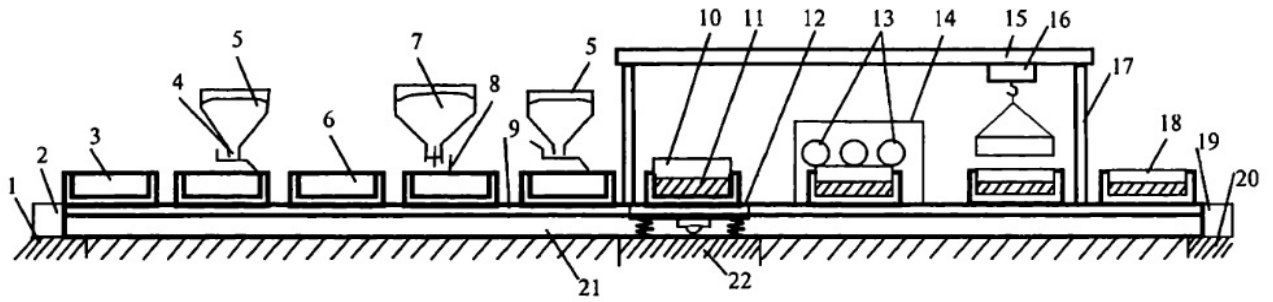


Рис. 5.28. Вибропрокатный стан (прокат по пригрузу):

1 – фундамент оборотной станции; 2 – оборотная станция; 3 – форма; 4 – вибролоток; 5 – бункер с опилками; 6 – площадка для укладки арматурных каркасов; 7 – бункер с роторным распределителем смеси; 8 – планировщик смеси; 9 – рольганг; 10 – пригрузки; 11 – уплотняемая плита; 12 – вибростол; 13 – прокатные валки; 14 – рама прокатного стана; 15 – монорельс; 16 – тельфер; 17 – стойки; 18 – площадка для оформления ровиков у монтажных петель; 19 – приводная станция; 20 – фундамент приводной станции; 21 – фундамент рольганга; 22 – фундамент вибростола.

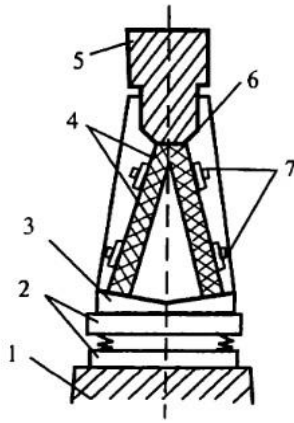


Рис. 5.29. Вибростол с пригрузом для уплотнения одновременно двух плит СиБАДИ:

1 – фундамент вибростола; 2 – вибростол; 3 – поддон; 4 – плиты СиБАДИ; 5 – пригруз; 6 – верхняя (съемная) часть формы; 7 – накладные вибраторы.

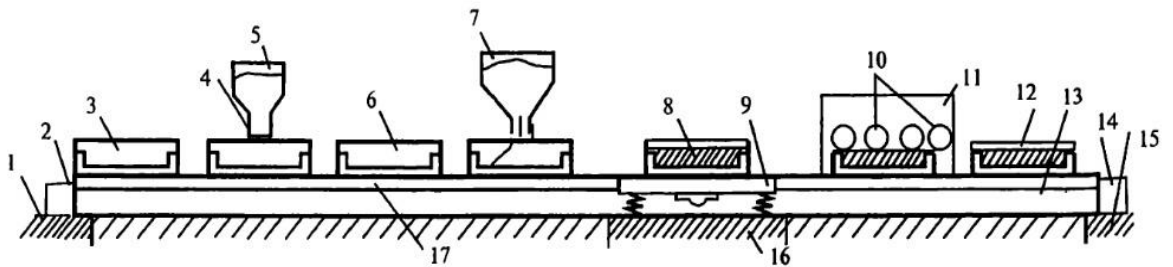


Рис. 5.30. Вибропрокатный стан (прокат по смеси):

1 – фундамент оборотной станции; 2 – оборотная станция; 3 – форма; 4 – вибролоток; 5 – бункер с опилками; 6 – площадка для установки каркасов; 7 – бункер для смеси с роторным распределителем и планировщиком; 8 – уплотняемая смесь; 9 – вибростол; 10 – валки; 11 – рама прокатного стана; 12 – ровики у монтажных петель; 13 – фундамент рольганга; 14 – приводная станция; 15 – фундамент приводной станции; 16 – фундамент вибростола; 17 – рольганг.

### **Тема 5.3. Активация компонентов асфальтобетонных смесей**

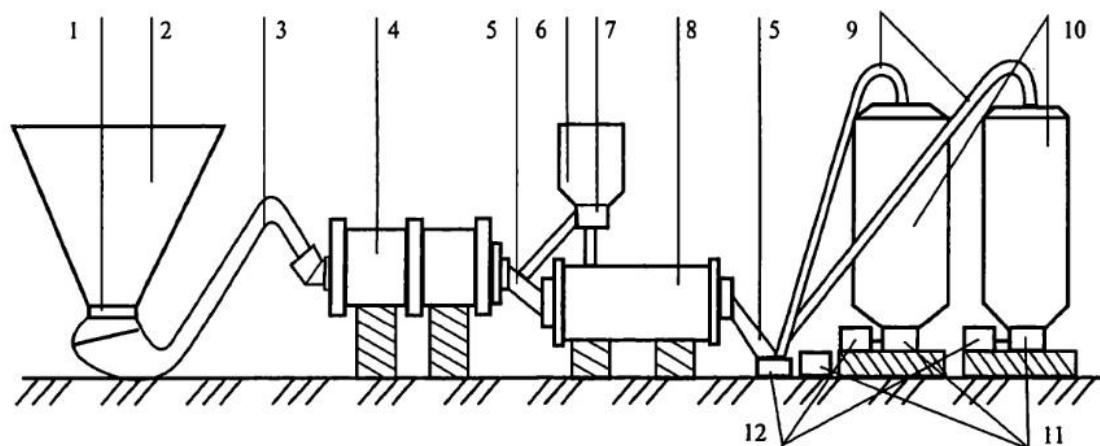
Новым, прогрессивным направлением в технологии приготовления асфальтобетонных смесей является активация их компонентов: минерального порошка, песков и битумов.

Сущность активации состоит в создании активной свежееобразованной поверхности, которая в начальный момент имеет большую энергию. Это обуславливает более высокую адгезию к вяжущим минеральных материалов.

Активация минерального порошка заключается в обработке его в процессе помола битумом, обогащенным поверхностно-активными веществами (ПАВ), При этом поверхность порошка покрывается тонким- в сотые доли микрона слоем вяжущего, Активированные порошки гидрофобны и это упрощает технологию приготовления асфальтобетонной смеси. Использование активированного порошка сокращает время перемешивания, повышает однородность смеси, экономит битум, улучшает качество асфальтобетона -повышает его плотность, прочность, теплоустойчивость.

На основе исследований, проведенных в Белорусском национальном техническом университете (Я. Н. Ковалев, А. В. Бусел), был получен в производственных масштабах активированный минеральный порошок из отработанных формовочных смесей (ОФС) литейного производства. Его применение в асфальтобетоне позволило получить значительный экономический эффект. Производство этого порошка осуществлялось на имеющемся стандартном технологическом оборудовании без дополнительных капитальных вложений.

Отмечено уменьшение требуемой механической энергии на помол ОФС вследствие наличия на поверхности зерен температурных трещин, появившихся в процессе литейного передела. Энергия помола ОФС была равна энергии, затрачиваемой на измельчение доломитовой крошки, а при использовании ПАВ - меньше ее. Поскольку в составе применяемых ОФС содержатся остатки органических литейных связующих (2-5% от минеральной массы), а кристаллическая поверхность зерен порошка не обладает фильтрационной способностью, использование активированного порошка из ОФС в составе асфальтобетона позволило снизить расход битума на 15-20 %. Практика показала, что с использованием активированного минерального порошка из ОФС, можно устраивать асфальтобетонные покрытия с высокой устойчивостью к воздействию тяжелых транспортных нагрузок и погодно-климатических факторов.



**Рис. 5.13. Технологическая схема получения активированного минерального порошка из ОФС:**  
 1 – питатель; 2 – накопительный бункер; 3 – элеватор; 4 – сушильный барабан;  
 5 – лоток; 6 – емкость для активатора; 7 – дозатор активатора; 8 – шаровая мельница; 9 – пневмотрубопровод; 10 – силосная банка; 11 – электродвигатель; 12 – пневмонасос.

Использование ОФС, как сырья для получения активированных минеральных порошков, в значительной степени решает также проблему утилизации отходов литейного производства. Однако при использовании ОФС различных предприятий с литейным производством необходимо в каждом конкретном случае анализировать их состав с целью выяснения необходимости введения ПАВ при их помоле, а также их вида и количества.

На рис. 5.13 представлена технологическая схема приготовления активированных минеральных порошков из ОФС. Данная технологическая схема приемлема для большинства асфальтобетонных заводов.

Вместе с тем организация производства активированных минеральных порошков на каждом АБЗ экономически нецелесообразна. С целью полного удовлетворения спроса на этот материал для ряда АБЗ региона необходимо в максимальной степени централизовать производство минерального порошка непосредственно в местах запаса минерального сырья.

#### *Активация песка.*

Традиционно активация песка сводится к созданию вновь образованных (более энергетически активных) аморфизированных поверхностей зерен песка с помощью ударных и вибрационных устройств. В качестве активатора используют известь-пушонку. Целесообразна комплексная активация песков. Песок в процессе механического воздействия обрабатывают известью по норме 3-4% его веса и далее при смешении с битумом покрывают тонким слоем вяжущего. На активированной поверхности песчинок образуются кальциевые мыла, взаимодействующие с анионоактивными веществами битума, что упрочняет систему. Использование активированных песков повышает прочность асфальтона, уменьшает расход минерального порошка.

В Белорусском национальном техническом университете (БНТУ) разработана новая технология активации песка, получившая название «трибоактивация» (Я. Н. Ковалев, С. Е. Кравченко).

Процесс трибоактивации песков состоит из двух операций: трибоэлектризации поверхности зерен песка (сообщения ей электрических зарядов регулируемого значения и знака) и обработки заряженной поверхности определенным типом поверхностно-активных веществ (ПАВ) противоположного заряда. Поверхность песков можно «заряжать» как положительными, так и отрицательными электрическими зарядами. Поэтому при обработке трибоэлектризованных поверхностей с отрицательными электрическими зарядами следует применять катионные ПАВ, а анионные ПАВ будут наиболее эффективны при обработке трибоэлектризованных поверхностей с положительными электрическими зарядами.

Трибоактивация песков осуществляется в специальной установке (рис. 5.14), позволяющей последовательно продувать песок через трубу-активатор (электризация поверхности) и обрабатывать его дисперсно-распыленным поверхностно-активным веществом в виде аэрозоли.

Дополнительное оборудование, необходимое для получения трибоактивированных песков, хорошо вписывается в существующую технологическую схему АБЗ.

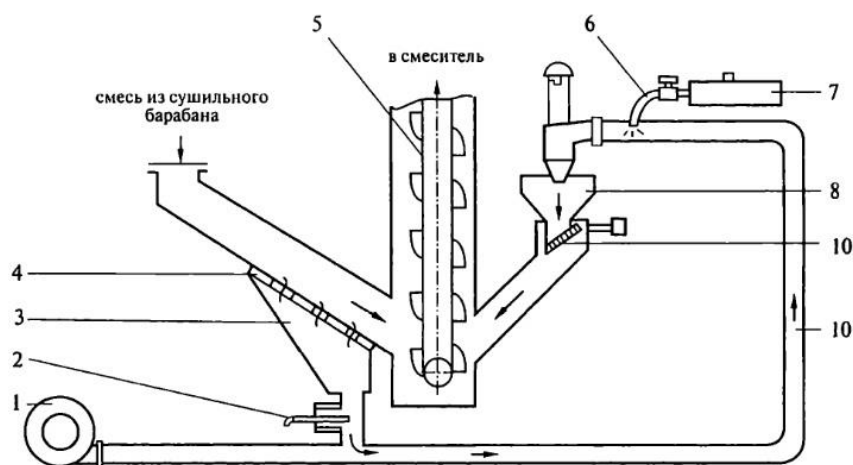
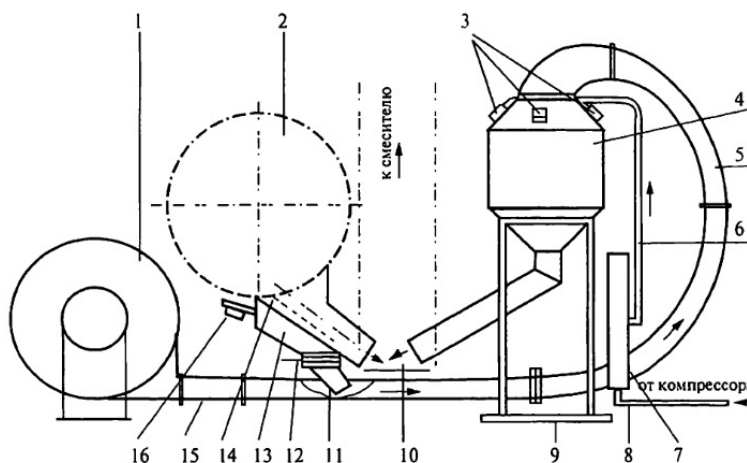


Рис. 5.14. Технологическая линия для получения трибоактивированных песков:  
1 – вентилятор; 2 – шибберная задвижка; 3 – приемный бункер песка;  
4 – вибрирующая металлическая сетка; 5 – горячий элеватор; 6 – устройство для подачи ПАВ; 7 – емкость для ПАВ; 8 – циклон; 9 – дроссельная заслонка; 10 – трубопровод-активатор.

Технологическая линия работает следующим образом: горячая минеральная смесь из сушильного барабана проходит над вибрирующей металлической сеткой 4 и разделяется на крупные, не прошедшие через отверстие сетки, и мелкие песчаные фракции. Крупные частицы сразу попадают в горячий элеватор, а мелкие, расход которых регулируется задвижкой-регулятором 2, поступают в трубопровод-активатор 10, где подхватываются закрученным воздушным потоком, создаваемым

вентилятором 1. При движении песко-воздушной смеси по активирующему элементу за счет трения о его стенки поверхность частиц песка трибоэлектризуется и на выходе из него через форсунку 6 обрабатывается ПАВ. Трибоактивированный материал осаждается в циклоне 8, поступает в горячий элеватор 5 и далее - согласно технологической линии.

Рис. 5.15. Опытно-промышленная установка для трибоактивации песков:  
 1 – вентилятор высокого давления; 2 – сушильный барабан; 3 – форсунки для ПАВ; 4 – циклон;  
 5 – трубопровод-активатор; 6 – трубопровод для ПАВ; 7 – бак для ПАВ;  
 8 – трубопровод для сжатого воздуха; 9 – стойка; 10 – горячий элеватор;  
 11 – диффузор; 12 – задвижка; 13 – бункер; 14 – сетка; 15 – переходник;  
 16 – вибратор.



В соответствии с техническим заданием, разработанным в БНТУ, была подготовлена техническая документация на изготовление опытно-промышленной установки по трибоактивации песков. Общий вид установки показан на рис. 5.15.

#### *Активация битумов и битумных эмульсий.*

Исследования, проведенные в Белорусском национальном техническом университете показали, что электрогидравлическая обработка битума ведет к существенному изменению его группового состава и, как следствие, к изменению его физико-механических свойств. Это открывает перспективы для разработки новых технологических схем получения битума с заданными свойствами, а также комплексных органических вяжущих веществ.

Установлены закономерности активации битумных эмульсий, применяемых для получения эмульсионно-минеральных смесей (ЭМ). Показано, что электрогидравлическая обработка катионной битумной эмульсии увеличивает дисперсность битумных частиц, вследствие чего увеличивается ее однородность и устойчивость. Повышение устойчивости битумной эмульсии позволяет повысить прочность образцов из ЭМС на 17 %. Наиболее эффективно ЭГ-обработку проводить в течение 50-200 с при частоте 1 Гц. Скорость седиментации битумных частиц уменьшается в 3,2 раза, что приводит к повышению однородности и устойчивости эмульсии при хранении.

Установлено, что обработку трибоэлектризованных песков целесообразно проводить 2%-ной водной суспензией извести, активированной в аппарате вихревого слоя (ВА-100) в течение 10-15 с.

Отмеченные результаты, полученные при нереагентной активации битумов и эмульсий на их основе, пока не могут быть широко применены на производстве вследствие отсутствия соответствующего промышленного оборудования и технической документации по регламенту работы на нем.

#### *Магнитная активация битумов.*

Исследования, проведенные в России (Першин М.Н., Платонов А.П. Баринов Е.Н., Габитов Н.Н.), позволили разработать и внедрить эффективную технологию приготовления асфальтобетонных смесей на вспененных (активированных) битумах при воздействии электромагнитных полей и аминокомплексных соединений.

Особенностью технологического процесса приготовления магнито-активированных битумов является то, что при прохождении по битумопроводу вязущее подвергается предварительному вспениванию. Основное вспенивание происходит при выходе битума с водой из форсунки. В данном случае под термином «предварительное вспенивание» понимается по существу образование паробитумной смеси типа грубой суспензии. После предварительного вспенивания битум проходит через переменное магнитное поле. На рис. 5.15 а (применительно АБЗ типа «Тельтомат») показана принципиальная технологическая схема магнитной активации битума.

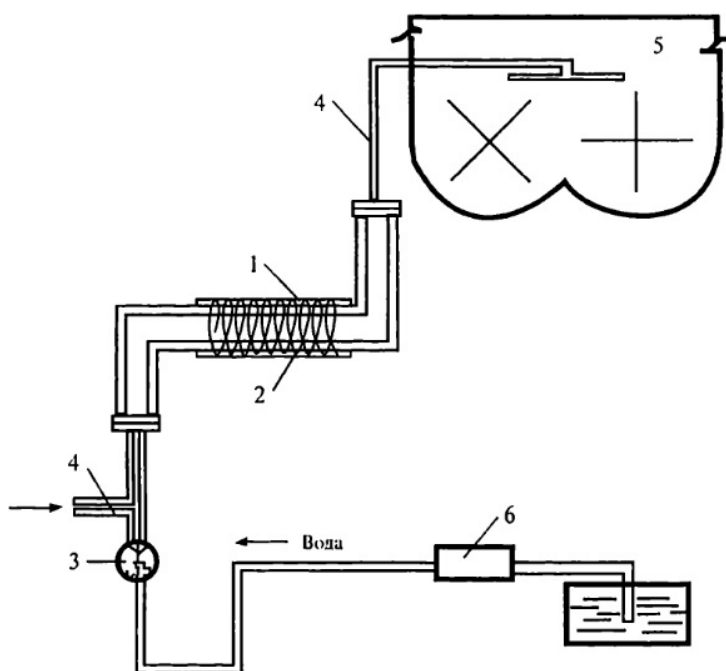


Рис. 5.15а. Схема электромагнитной активации битума:  
1 – электромагнитная катушка;  
2 – диамангнитная труба;  
3 – форсунка; 4 – битумопровод;  
5 – смеситель; 6 – водяной насос.

При этом основная технологическая линия подачи битума в смеситель изменениям не подвергается. Лишь в самом конце подвода вязущего к смесителю небольшой участок битумопровода заменяется предварительно изготовленным узлом. Здесь вместо стальной трубы битумопровода вставляется труба из особого, чаще всего немагнитного материала, на которую надевается намагничивающая катушка. В начале узла устанавливается форсунка, через которую в дозированном количестве

вводится вода. Для создания благоприятных условий предварительного вспенивания желательно, чтобы труба в этом месте имела увеличенный диаметр. Вода подается в количестве 2-4% от массы битума. Для дозирования воды используется насос-дозатор или другое соответствующее устройство. Давление воды должно быть несколько выше давления битума, иначе форсунка может оказаться забитой вязущим. Сама же форсунка должна иметь обратный клапан. Типовая подача воды предусматривает возможность введения вместе с водой тех или других водорастворимых химических реагентов, улучшающих качество продукции. В этом случае система дополняется соответствующим оборудованием для растворения химикатов и их дозирования.

Капсулирование битума и производство гранулированного асфальтовязущего вещества – см. Тему 4.1

#### **Тема 5.4. Приготовление на АБЗ теплых асфальтобетонных, холодных органоминеральных смесей и черного щебня. Переработка старого асфальтобетона**

##### *Приготовление теплых и холодных асфальтобетонных смесей.*

Технология приготовления этих смесей принципиально не отличается от приготовления горячей смеси. Отличие заключается лишь в температурном режиме.

Температура приготовления теплых и холодных смесей должна быть при использовании среднегустеющих жидких битумов 90-110 °С;

медленногустеющих-100-110 °С;

с применением ПАВ-70-100°С.

Максимальный размер зерен у таких смесей составляет 10-15 мм, Их можно укладывать тонкими слоями (1-1,5 см).

Меньшая температура нагрева компонентов смесей и малый размер их зерен, по сравнению с параметрами горячих смесей, - главная особенность технологии приготовления теплых и холодных смесей.

Другие особенности технологии заключаются в следующем:

для таких смесей требуется более тщательное и длительное перемешивание (180-240 с), т.е. дольше, чем для горячих смесей (60-180 с);

минеральный материал предварительно проходит грохочение и подается в сушильный барабан.

Все остальные процессы ничем не отличаются от горячей технологии. Для холодных и теплых смесей желательно применять активированный минеральный порошок (причем его применение в этих смесях значительно эффективнее, чем для горячих).

Выдача готовой смеси из смесителя может производиться сразу в автомобильный транспорт или по транспортеру на склад.



Поскольку холодные смеси изготавливают на жидких битумах и эмульсиях, они способны долго сохранять удобоукладываемость и уплотняемость. Со временем они начинают слеживаться и частично понижают свои физико-механические свойства.

Для частичного снижения слеживаемости холодных смесей их подвергают специальной обработке одним из трех способов: 1) понижением температуры смеси после выпуска до 25-30 °С; 2) добавлением химических добавок и 3) периодическим перемешиванием смеси на площадках хранения.

Уменьшение слеживаемости путем искусственного охлаждения может быть достигнуто тремя способами: принудительным обдуванием смеси вентиляторами или обливанием холодной водой при выходе в месте выгрузки смеси из смесителя (до 50-60°С), либо естественным охлаждением смеси в процессе ее транспортировки. В последнем случае время транспортировки должно обеспечивать температуру в месте укладки смеси в штабеля не выше 30 °С, что устанавливается экспериментально или теплотехническим расчетом.

Уменьшение слеживаемости достигается путем введения в смеситель химических добавок с длительностью перемешивания 6-10 с. При большей длительности эффект не возрастает.

Химические добавки представляют собой водные растворы соапстока (3-5 %), древесного дегтя (5-6 %) с едким натром (0,6-0,7%), сульфитно-спиртовой барды (10 %) с хлорным железом (10 %); В отходо глициринового производства (30 %) и др. Расход добавок принимают в % к массе смеси.

Уменьшение слеживаемости холодны смесей на площадках может быть достигнуто путем их периодического перемешивания (перелопачивания) с помощью погрузчиков, экскаваторов и др.

При приготовлении холодных смесей в качестве вяжущего могут быть использованы битумные эмульсии, применение которых дает ряд преимуществ:

вследствие большей подвижности эмульсий минеральные частицы лучше обволакиваются, что позволяет сократить расход органического вяжущего;

минеральную часть перемешивают с эмульсией в холодном состоянии, благодаря чему исключаются теплотраты.

Применение эмульсий позволяет отказаться от громоздкого оборудования по подогреву и просушиванию минеральных материалов и разогреву органического вяжущего.

Однако холодным асфальтобетонам на эмульсиях присущ ряд недостатков:

прочность их, как правило, ниже прочности асфальтовых бетонов горячего типа;

для покрытий из таких бетонов характерен длительный период формирования, необходимый для испарения воды из эмульсий и

приобретения требуемой прочности, вследствие этого такие покрытия больше подвержены деформациям и требуют больших затрат на ремонтные работы.

Для приготовления холодных смесей используют битумные эмульсии с вязкостью  $C$  — 30-50 с и показателем скорости распада 10-15%. Минеральный материал целесообразнее применять из карбонатных горных пород, обеспечивающих лучшую адгезию битумов с минеральной частью.

Перемешивание минеральных материалов с эмульсиями производится смесителях. Меньшая вязкость и большая подвижность эмульсий значительно облегчают процесс перемешивания, что позволяет шире использовать передвижные смесители. Малое время перемешивания способствует повышению производительности смесителей и позволяет организовать приготовление холодных смесей непосредственно в при трассовых карьерах.

#### *Особенности приготовления черного щебня.*

Технология приготовления черного щебня включает: сортировку, дозирование минеральных материалов и их высушивание до полного удаления влаги, а также введение необходимых добавок (рис. 5.18).

Черный щебень (и все гравийные смеси) готовят в вафельносмесительных установках.

Чтобы черный щебень не слеживался при хранении его перед отправкой на склад охлаждают до 30-35 °С путем обдува воздухом при перемещении по транспортеру или в охлаждающих барабанах. При отсутствии охлаждающих устройств температуру черного щебня понижают систематическим рыхлением (перелопачиванием) экскаватором или универсальным одноковшовым погрузчиком. Чтобы уменьшить слеживаемость, при приготовлении в смесь добавляют отходы соапстока, сульфитно-спиртовую барду с хлорным железом в количестве 2,5-3,5 % от массы смеси.

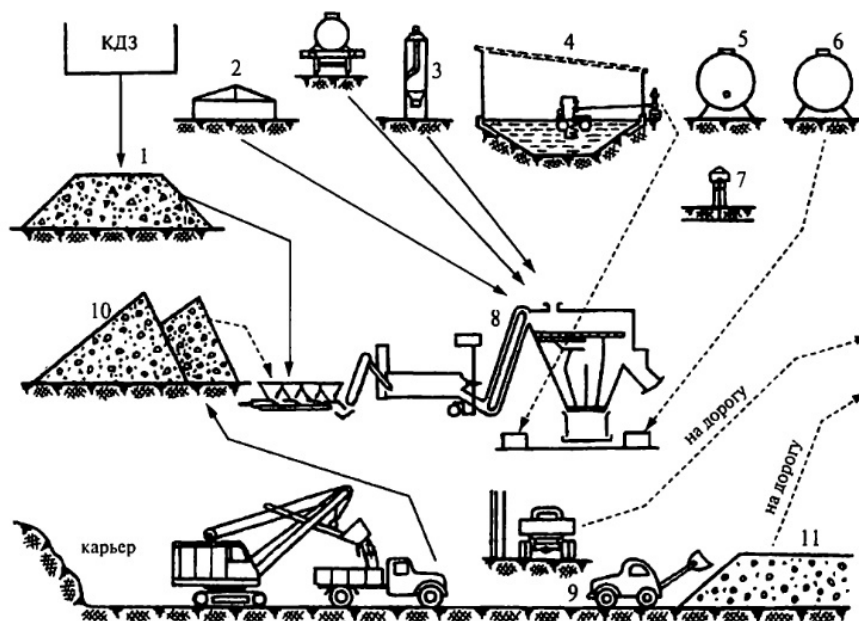
Добавки вводят в мешалку после окончания перемешивания минерального материала с вяжущим. Продолжительность дополнительного перемешивания с добавками - не более 6-10 с.

Холодный черный щебень и смеси в летнее время хранят в открытых штабелях высотой 1,5-2 м. Площадки под штабеля должны быть спланированы бульдозером и обеспечены водоотводом. Черный щебень и смеси, приготовленные с жидким битумом класса СГ, хранят только под навесами. Сроки хранения колеблются (в зависимости от применяемого вяжущего) от 4 до 8 месяцев.

При применении эмульсий, чтобы улучшить адгезию к щебню и уменьшить его слеживаемость на складе, минеральный материал смешивают с известью в смесителе. В случае, если щебень сухой, его увлажняют до 2-3 %, а известь добавляют в виде известкового молока. Содержание воды при этом не должно превышать 3%, а известковой добавки 0,2-0,7% от массы минерального материала.

Рис. 5.18. Схема технологического процесса приготовления черного щебня:

- 1 – склад щебня;
- 2 – склад извести;
- 3 – склад минерального порошка;
- 4 – битумохранилище;
- 5 – хранилище дегтя;
- 6 – хранилище эмульсии;
- 7 – хранилище воды;
- 8 – асфальтобетонный смеситель;
- 9 – автопогрузчик;
- 10 – склад гравия;
- 11 – склад черного щебня.



Щебень перемешивают с известью 15-20 с до полного и равномерного ее распределения по поверхности частиц. Если в смесь добавляют минеральный порошок, его предварительно увлажняют (10-20 % от массы порошка), подают в смеситель и снова перемешивают 15-30 с. ПАВ вводят в смеситель.

*Особенности приготовления смесей на АБЗ в холодный период года.*

Для повышения годовой производительности и снижения себестоимости продукции целесообразно продлевать работу АБЗ на холодный период года.

В холодный период, т.е. при температуре воздуха ниже 5 °С, заводы могут выпускать холодную и теплую смеси. Холодную смесь можно хранить в закрытых складах и затем использовать для укладки в теплый период года. Из теплой смеси можно сразу же изготавливать тротуарные плитки, блоки, асфальтобетонные шашки для полов.

Технологическая схема приготовления асфальтобетонных и битумо-минеральных смесей в холодный период года принципиально не отличается от схемы приготовления в теплый период. Добавляются лишь технологические операции, направленные на уменьшение теплотерь.

Хранению материалов в холодный период года уделяют большое внимание. Органические вяжущие необходимо хранить только в закрытых хранилищах. Минеральный порошок должен быть сухим. При влажности более 1 % перед введением в смесь нужна предварительная его просушка. Целесообразно для приготовления смесей в холодный период применять активированный минеральный порошок.

В щебне и песке не должно быть мерзлых комьев. Для этого площадки хранения очищают от снега и льда и устраивают хороший поверхностный водоотвод. Поверхность штабелей для защиты от атмосферных осадков прикрывают брезентом, полиэтиленовой пленкой, прогревают материалы. При небольшом удалении карьеров щебня и песка от завода целесообразно

организовать непрерывную доставку и кратковременное хранение материалов, исключая их промерзание в штабелях.

Транспортировку материала в холодный период организуют, предусматривая минимальные теплопотери. Все транспортные конвейерные линии защищают кожухами, предохраняющими от ветра и попадания снега; при необходимости устраивают теплоизоляцию из малотеплопроводных материалов-шлаковаты, поролон, топочных шлаков и др. Горячие элеваторы также следует изолировать от теплопотерь.

Трубопроводы, подающие газ, пар, воду, нефть, вязущие, изолируют шлаковатой или другими материалами, а когда необходимо, оборудуют системой внутреннего или наружного паро- или электропрогрева.

Сушка материалов в холодный период производится обычным способом, но продолжительность ее увеличивается на 20-30 %. Поскольку эта операция понижает производительность завода, оборудование линии сушки должно иметь большую производительность. Для этой цели может быть установлен дополнительный барабан или организована предварительная сушка материалов в третью смену. Сушильные барабаны изолируют листовым асбестом, шлаковатой, поролоном.

Перемешивание материалов в холодный период года более продолжительно, время его увеличивается по сравнению с перемешиванием в теплый период на 30-80 %.

Для повышения адгезии и когезии, сокращения времени перемешивания применяют различные добавки - известь (1-2% веса каменных материалов), древесный деготь (1-2 %) и др.

Мешалки, как и сушильные барабаны, утепляют изоляционными материалами.

Выгрузка готовой смеси замесами весом 0,5-1 т в автомобили-самосвалы связана с интенсивными теплопотерями. Чтобы избежать их, под мешалками следует устраивать утепленные накопительные бункеры емкостью 5-7 т. Это исключает простои транспортных средств и уменьшает остывание смеси.

Для уменьшения теплопотерь при доставке готовой смеси к месту укладки или временного хранения надо применять автомобили-самосвалы грузоподъемностью 5-7 т с обогреваемыми кузовами; смесь в кузовах укрывать крышками, брезентом или полиэтиленовой пленкой. В холодный период целесообразна работа завода в три смены, так как при работе в две смены каждый раз перед началом первой требуется предварительно в течение 1-2 ч подогревать системы трубопроводов, насосы и другое оборудование, что увеличивает энергозатраты.

#### *Переработка (регенерация) старого асфальтобетона.*

В настоящее время за рубежом, в России и Беларуси широко используют повторно старый асфальтобетон, снятый с дорожного покрытия. Это дает следующие преимущества:

утилизация взломанного лома асфальтобетонных покрытий по повторному назначению;

возможность широкого применения добавок каменных материалов модифицированного битума в процессе регенерации;

значительная экономия энергетических затрат и материальных ресурсов.

Технология использования старого асфальтобетона на АБЗ включает следующие операции:

снятие с дороги старого асфальтобетона;

транспортирование материала на АБЗ;

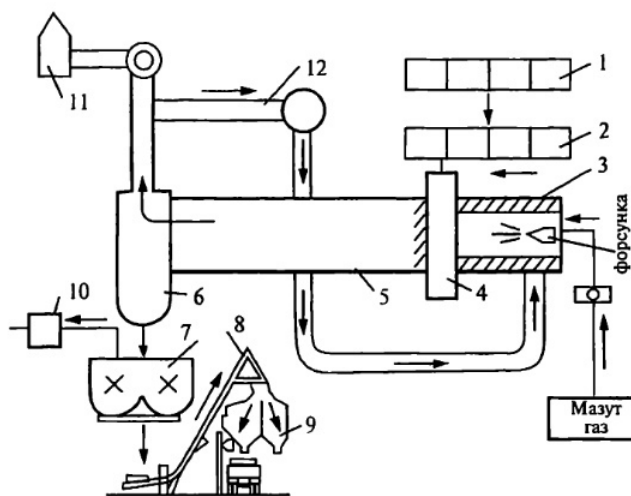
дробление старого асфальтобетона;

разогрев и перемешивание старого асфальтобетона в смесителе с добавлением (или без добавления) минеральных материалов, битума и пластификаторов, ПАВ и др.

Старый асфальтобетон предварительно дробят в щековых, конусных или роторных дробилках ударного действия.

На рис. 5.19 приведена принципиальная схема приготовления асфальтобетонной смеси с использованием старого асфальтобетона после предварительного дробления. Сущность предлагаемой технологии заключается в следующем. Со склада старый асфальтобетон ленточным конвейером или одноковшовым погрузчиком на пневмоходу подают к агрегату питания кусками, не превышающими 40 мм и далее, с учетом размера кусков - в соответствующую секцию бункера-питателя.

Рис. 5.19. Технологическая схема переработки старого асфальта на специализированной установке (вариант):  
1 – склад рассортированного по фракциям дробленого старого асфальта;  
2 – бункер-питатель;  
3 – топка с форсункой; 4, 6 – приемники;  
5 – сушильный барабан; 7 – смеситель;  
8 – скиповый подъемник; 9 – бункер-накопитель; 10 – дымосос;  
11 – вентилятор; 12 – газоотводная труба.



Отдозированный материал перемещают ленточным конвейером или ковшовым элеватором в сушильный барабан для нагревания. По шнековому конвейеру смесь поступает в смеситель. Сюда же подают отдозированные жидкие добавки для пластификации битума. Готовая смесь поступает в накопительный бункер. Особенностью конструкции установки является наличие газоотводной трубы 12. На выходе из сушильного барабана часть отходящих от форсунки газов с помощью вентилятора возвращается из газоотводящей трубы в топку. При этом часть газов смешивается с вновь образовавшимися продуктами сгорания топлива (газами), снижая их температуру. С помощью заслонки регулируют количество повторно циркулирующих газов и тем самым получают необходимую температуру горячих газов, поступающих в барабан, не изменяя режима работы форсунки.

Датчики контролируют температуру горячих газов, поступающих из топки барабан. Использование повторно циркулирующих газов позволяет снизить расход топлива. В зарубежной практике широко применяется заводская технология приготовления асфальтобетонных смесей с добавлением старого асфальта (рис. 5.20). Технологический процесс переработки старого асфальта протекает следующим образом: минеральный материал из агрегата питания подается с помощью наклонного конвейера и питателя объемного дозирования в барабанный разогреватель. В него подаются также минеральный порошок, уловленная пыль, битум и дробленый старый асфальт, которые нагреваются и смешиваются с добавляемым битумом (или пластификатором).

Полученная асфальтобетонная смесь выгружается подъемником, который подает ее в бункер готовой смеси для загрузки в автомобиль-самосвал. Управление установкой осуществляют из кабины оператора. Все оборудование, кроме барабанного разогревателя, выполнено аналогично применяемому в асфальтобетонных установках.

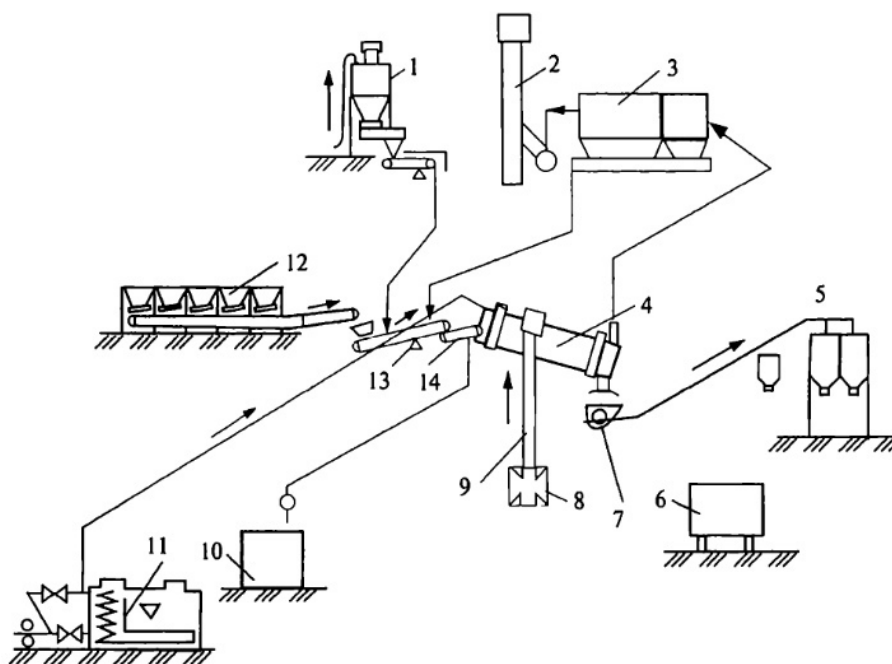


Рис. 5.20. Технологическая схема специальной асфальтосмесительной регенерационной установки:

1 – агрегат для минерального порошка; 2 – дымовая труба; 3 – пылеулавливающая установка; 4 – барабанный разогреватель; 5 – бункер готовой смеси; 6 – кабина управления; 7 – скиповый подъемник; 8 – приемный бункер для дробленого старого асфальта; 9 – конвейер; 10 – топливный бак; 11 – оборудование для обезвоживания и нагрева битума; 12 – агрегат питания для щебня и песка; 13 – наклонный ковшовый элеватор; 14 – ленточный питатель.

*Особенности организации баз для обработки грунтов вяжущими.*

Для обработки грунтов вяжущими (битумами, цементом, известью) организуют базы, как правило, передвижные, легко монтируемые. Их

размещают в притрассовых карьерах с доставкой укрепленного грунта на дорогу автосамосвалами (рис. 5.23).

В ряде случаев целесообразно и выгодно смешивать грунт с органическими или неорганическими вяжущими, гранулометрическими добавками не на дороге, а в стационарных или полустационарных установках с доставкой местных или привозных грунтов с последующим транспортированием готовой смеси к месту укладки.

При этом смесь получается более высокого качества за счет более точного дозирования составляющих и более тщательного перемешивания, возможности точного инструментального контроля за технологией.

Производительность грунтосмесительных установок 100, 200, 400 т/ч. Установка производительностью 400 т/ч может обеспечить строительство основания 1-1,5 км/смену.

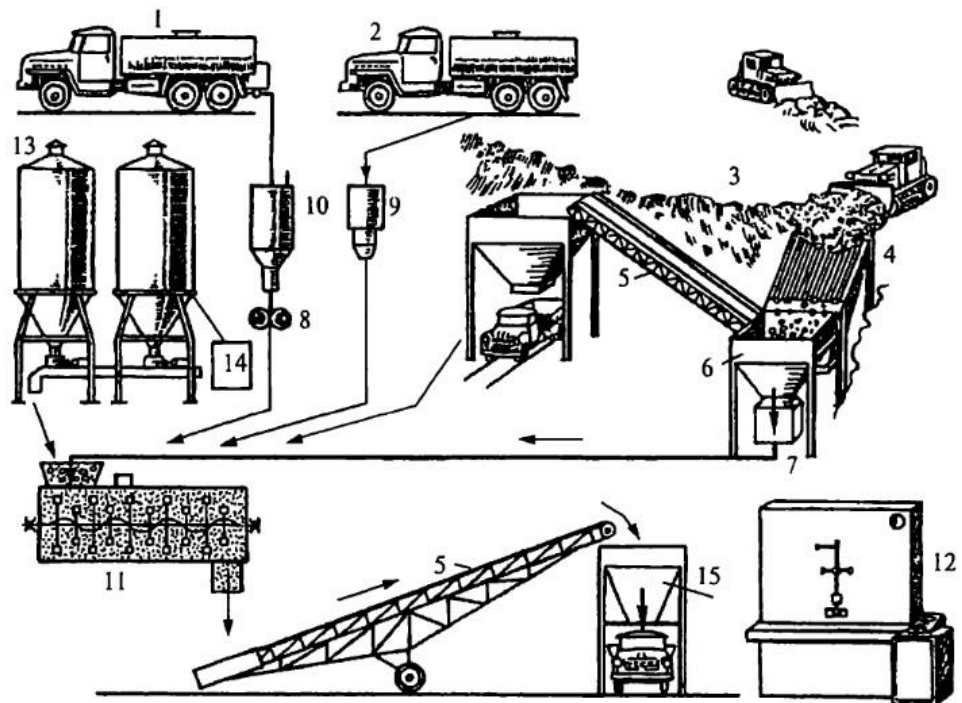


Рис. 5.23. Технология обработки грунта вяжущим материалом в карьерной установке (комбинированная схема):

- 1 – жидкие органические вяжущие; 2 – вода; 3 – грунтовый карьер; 4 – эстакада; 5 – транспортер; 6 – приемный бункер грунта; 7 – дозатор грунта; 8 – насос; 9 – дозатор воды; 10 – дозатор жидких вяжущих; 11 – смеситель; 12 – пульт управления; 13 – емкость с дозаторами для порошкообразных вяжущих; 14 – компрессор; 15 – накопительный бункер.

В состав базы кроме грунтосмесительной установки входят вагончики на прицепах, в которых размещают склад топлива, цистерны для воды (в случае использования неорганических вяжущих), ремонтную мастерскую,

кухню-столовую, помещение для отдыха, контору, пост контроля (лабораторию), передвижную электростанцию (мощность 200 КВт).

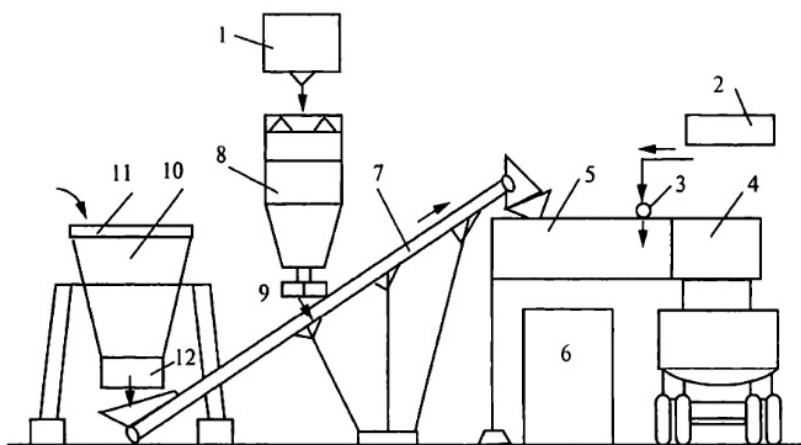
Завод-изготовитель поставляет только грунтосмесительную установку, а все остальное, указанное выше, дорожные организации приобретают сами.

Смесительная установка включает бункер для приема грунта, систему дозаторов порошкообразных и жидких вяжущих, добавок и воды; двухвальную мешалку принудительного действия.

Для пневматического транспорта сыпучих материалов от расходных емкостей к дозаторам имеется компрессорная установка, а для подачи из цистерны воды и жидкого вяжущего-два насоса.

Кабина оператора оборудована пультом, на котором сосредоточены элементы управления агрегатами и световая сигнализация контроля за их работой. Кондиционер и электровентилятор обеспечивают внутри кабины требуемый микроклимат.

Рис. 5.24. Технологическая схема приготовления укрепленного грунта цементом:  
1 – склад цемента;  
2 – цистерна с водой;  
3 – дозатор воды; 4 – бункер готовой смеси; 5 – лопастной смеситель непрерывного действия; 6 – пульт управления;  
7 – скиповый подъемник (или конвейер); 8 – расходная банка с цементом; 9 – дозатор цемента; 10 – бункер;  
11 – колосниковая решетка (для исключения негабаритного материала из грунта); 12 – дозатор грунта.



Специализированная установка для обработки грунтов только цементом показана на рис. 5.24.

Технологический процесс приготовления грунта, укрепленного цементом, начинается с доставки его из карьера и подачи в бункер 10 с колосниковой решеткой 11, под которым установлен дозатор 9 и конвейер 7. Непрерывному перемещению грунта способствуют вибраторы, установленные на решетке 11 и стенке бункера 10. Толщина слоя грунта на конвейере регулируется дозатором. Наклонным конвейером 7 грунт подается в смеситель 5. Готовая обработанная грунтовая смесь из смесителя поступает в бункер готовой смеси 4.



# РАЗДЕЛ VI. ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ

## Тема 6.1. Цементобетонные заводы (ЦБЗ)

*Назначение и классификация цементобетонных заводов.*

Цементобетонный завод (ЦБЗ) предприятие, на котором готовят цементобетонные смеси для устройства покрытий автомобильных дорог и аэродромов, деталей и конструкций искусственных сооружений (мостов, путепроводов, труб и др.).

ЦБЗ классифицируют на стационарные (прирельсовые), временные (прирассовые), передвижные и береговые.

Береговые ЦБЗ создают при строительстве больших мостов и доставке материалов речным транспортом.

Передвижные ЦБЗ характеризуются возможностью быстрого последовательного перебазирования на новые строительные площадки, они должны иметь короткие сроки ввода в эксплуатацию (рис. 6.1).

Основные критерии эффективности работы ЦБЗ: себестоимость цементобетонной смеси и единовременные капитальные вложения.

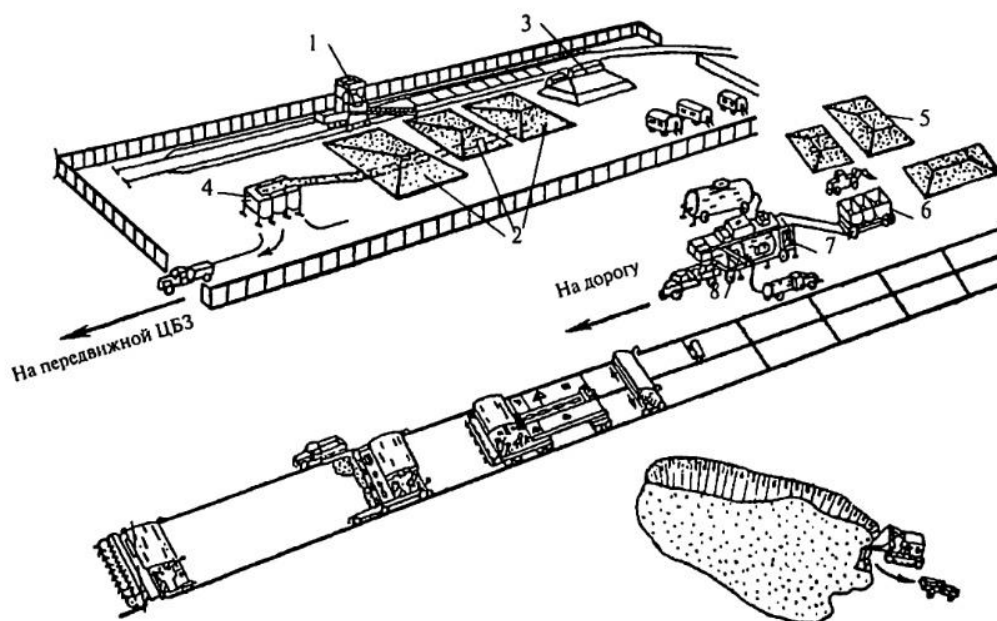


Рис. 6.1. Примерная схема организации работы передвижного ЦБЗ:

- 1 – разгрузчик; 2 – склады щебня и песка; 3 – склад цемента; 4 – расходный бункер;
- 5 – расходный склад; 6 – дозировочное отделение; 7 – бетоносмесительное отделение;
- 8 – силосы цемента.

Передвижные ЦБЗ следует применять только с высокой прогрессивной технологией, современным оборудованием и по возможности – автоматизированные.

Экономическая эффективность и техническая целесообразность постройки стационарных или передвижных ЦБЗ обосновываются расчетом экономического эффекта при равной годовой мощности этих предприятий.

Экономический эффект определяют на всю годовую продукцию ЦБЗ

$$\mathcal{E} = Q_r (P_{ст} - P_n)$$

где  $Q_r$  - годовая мощность ЦБЗ, м (т):

$P_{ст}$  - приведенные суммарные затраты для стационарных ЦБЗ на 1 м;

$P_n$  - то же, для передвижных.

$$P_{ст} = C_{ст} + 3mp_{ст} + E_n K_{ст}$$

где  $C_{ст}$  - себестоимость единицы продукции стационарного ЦБЗ, руб.;

$3mp(ст)$  - доставка 1 м<sup>3</sup> цементобетонной смеси со стационарного ЦБЗ, руб.;

$E_n$  - нормативный коэффициент эффективности (0, 14);

$K_{ст}$  - капитальные вложения в стационарный ЦБЗ, руб.

$$P_n = C_n + 3mp_{(n)} + E_n K_n + 3mp_{(пер)} + 3n_{(монтаж)} + 3n_{(проч)}$$

где  $3mp_{(пер)}$  - затраты на перебазирование передвижного ЦБЗ на новое - место (транспорт, погрузочно-разгрузочные операции), руб

$3n_{(монтаж)}$  - затраты на монтаж (постройку) передвижного ЦБЗ, руб.;

$3n_{(демонтаж)}$  - то же на демонтаж, руб.;

$3n_{(проч)}$  - прочие затраты, связанные с ремонтом машин и оборудования, устройством временных фундаментов, коммуникаций (вода, сжатый воздух, электросеть), руб.

Поскольку передвижные ЦБЗ быстрее могут быть введены в эксплуатацию, следует учитывать эффект от ускорения ввода:

$$\mathcal{E}_{ув} = E_n \cdot K_n (T_{ст} - T_n)$$

где  $E_n$  - нормативный коэффициент эффективности (0, 14):

$K_n$  - капитальные вложения в передвижной ЦБЗ;

$T_{ст}$  - запланированный (нормативный) срок работ;

$T_n$  - то же, при строительстве передвижного ЦБЗ.

### *Выбор расположения ЦБЗ.*

Одной из основных и важных задач при проектировании ЦБЗ является выбор места для площадки.

При выборе площадки для ЦБЗ необходимо учитывать расчетную стоимость 1 м бетонной смеси франко-потребитель, которая должна быть минимальной.

От расположения площадки существенно зависят:

условия доставки на завод исходных материалов;

средняя дальность доставки смеси потребителям;

снабжение АБЗ электроэнергией, водой, теплоносителями (газ, мазут);

возможность использования существующего жилого фонда для обслуживающего персонала и др.

При выборе места расположения ЦБЗ помимо общих требований, предъявляемых к площадкам производственных дорожных предприятий, необходимо учитывать также, что цементобетонная смесь должна быть уложена до начала ее схватывания и, следовательно, она может находиться в пути строго определенное время. Это время не должно превышать для дорожного портландцемента (начало схватывания 2 часа) определенных нормативов и быть строго увязана с дальностью транспортирования.

Температура наружного воздуха при укладке смеси, °С	До +15	+25 до +30	Более +30
Длительность транспортирования смеси, Т мин	60	30	Только ночью 30-60 мин

Поэтому расстояние от ЦБЗ до места укладки смеси выбирается в зависимости от скорости транспортирования, т.е. принимается во внимание марка автомобиля и ровность дороги. Радиус действия передвижного ЦБЗ зависит, в первую очередь, от продолжительности транспортирования готовой смеси (ЦБЗ) без ухудшения ее качества.

$$L_{\text{ЦБЗ}} = v_{\text{ac}} T$$

где Т- допустимая продолжительность транспортирования до начала схватывания, час;

$v_{\text{ac}}$ - скорость движения автомобилей-самосвалов, км/ч.

Когда дальность возки  $L_{\text{ЦБЗ}}$  оказывается чрезвычайно большой и грозит преждевременному схватыванию смеси, целесообразно использовать заводы сухой смеси в комплексе с автобетоносмесителями для приготовления бетонной смеси в пути или на месте укладки, используя передвижные бетоносмесители на гусеничном или колесном ходу.

Для решения вопроса о целесообразности перебазирования мобильного ЦБЗ необходимо сравнить затраты на перевозку цементобетонной смеси на дорогу и стоимость перебазирования предприятия.

Выбранная площадка для ЦБЗ должна иметь достаточно низкий уровень грунтовых вод с хорошим водоотводом при минимуме планировочных и земляных работ. По отношению к ближайшему населенному пункту ЦБЗ следует располагать с подветренной стороны для господствующих ветров (роза ветров) и отделять от жилых районов санитарно-защитной зоной. По сравнению с АБЗ она может быть меньше, но не менее 100 м.

#### *Разработка генерального плана ЦБЗ.*

При решении генерального плана ЦБЗ руководствуются такими же требованиями, что и при проектировании генплана любого производственного предприятия, но с учетом специфики, зависящей от свойств исходных материалов, в частности, цемента.

Одним из главных вопросов при разработке генплана ЦБЗ является снабжение водой. Предпочтительнее всего (прежде всего экономически) воду получать от существующих систем водоснабжения. При их отсутствии

источником воды могут служить артезианские скважины, озера и реки, вода которых удовлетворяет требованиям соответствующих нормативных документов.

Для создания резерва и необходимого напора воды на территории ЦБЗ устраивают водонапорную башню.

Сжатый воздух для ЦБЗ получают от передвижных компрессорных станций.

Пар получают от паровых котлов и передвижных парообразователей.

При выборе месторасположения котельной следует учитывать:

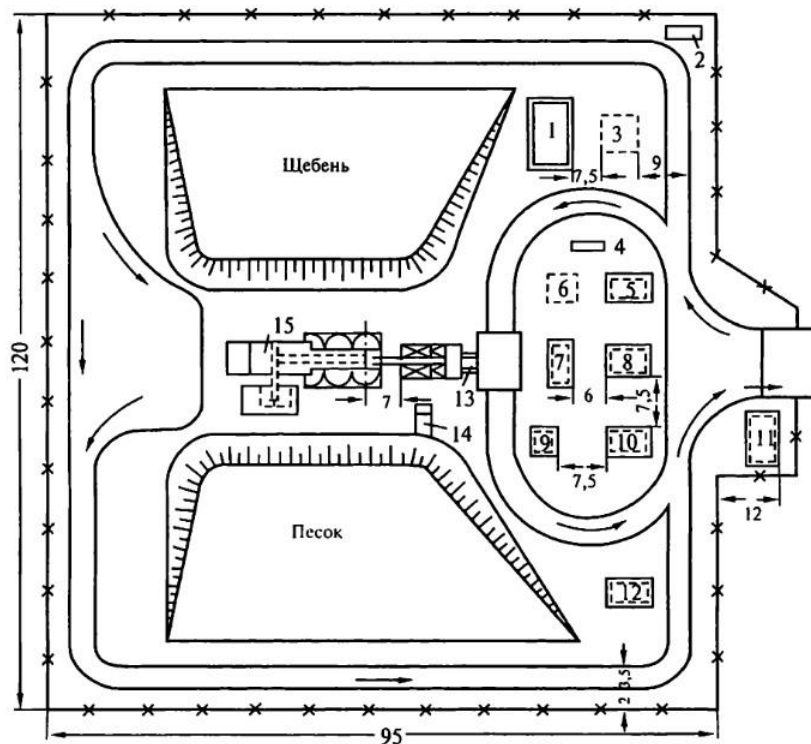
возможность удобной и простой подачи пара потребляющим точкам;

необходимость наличия склада для хранения 1-1,5 месячного запаса топлива;

организацию наиболее целесообразного способа подачи топлива со склада котельную.

Рис. 6.2. Генплан притрассового бетонного завода:

- 1 – цистерна с топливом;
- 2 – туалет; 3 – навес для хранения топлива;
- 4 – пожарный щит;
- 5 – лаборатория;
- 6 – контора;
- 7 – передвижная электростанция;
- 8 – душ и гардероб;
- 9 – компрессор;
- 10 – ремонтная мастерская;
- 11 – контора и проходная;
- 12 – материальный склад;
- 13 – бетоносмесительная установка; 14 – погрузчик;
- 15 – склад цемента.



При использовании жидкого топлива (мазута) необходимо предусмотреть его подогрев.

Оценку экономической эффективности работы ЦБЗ определяют по той же методике, что и для АБЗ. Необходимо лишь учесть особенность производства и технологию приготовления цементобетонной смеси.

Схема генплана притрассового ЦБЗ показана на рис. 6.2, прирельсового на рис. 6.3.

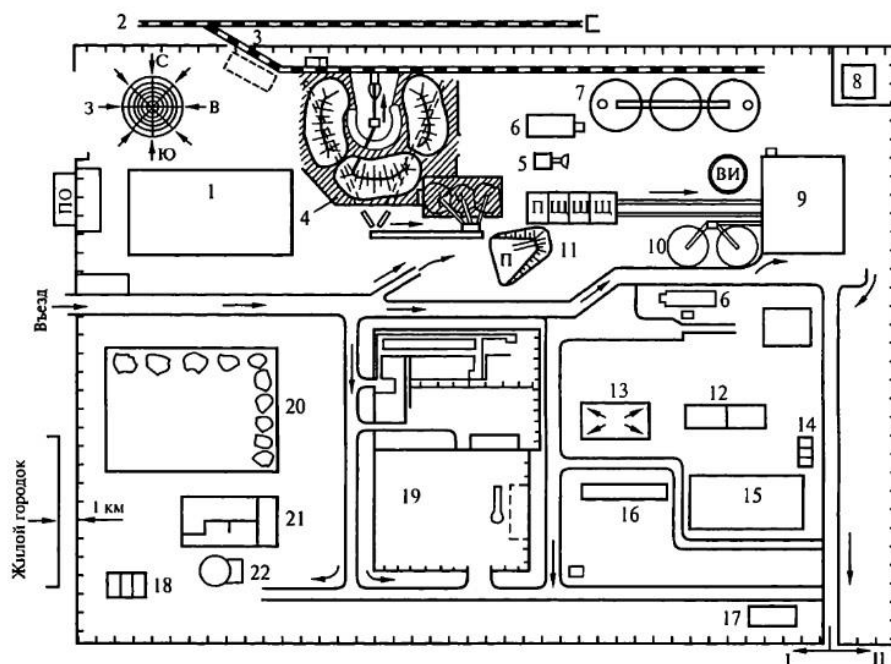


Рис. 6.3. Генеральный план ЦБЗ:

1 – склад топлива и масел с заправочными колонками; 2,3 – железная дорога; 4 – склад щебня; 5 – одноковшовый погрузчик; 6 – компрессор; 7 – силосный склад цемента; 8 – трансформаторная подстанция; 9 – смесительный цех; 10 – расходные силосы цемента; 11 – бункера-питатели; 12 – медицинский пункт; 13 – диспетчерская; 15 – контора; 16 – лаборатория; 17 – охрана; 18 – туалет; 19 – гараж; РММ; 20 – площадка отдыха; 21 – душ и гардероб; 22 – котельная; ПО - сарай пожарной охраны.

### *Классификация бетонов.*

Классифицируют бетоны по следующим основным признакам

- 1) назначению;
- 2) средней плотности;
- 3) виду вяжущего;
- 4) виду заполнителей;
- 5) по крупности зерен заполнителей;
- 6) структуре;
- 7) условиям твердения.

По назначению различают бетоны конструкционные и специальные.

Конструкционные бетоны – это бетоны несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений. Требования к таким бетонам сформулированы в виде ряда физико-механических характеристик.

Конструкционные бетоны делят на обычные, гидротехнические, дорожные и др.

По признаку средней плотности различают бетоны:

- особо тяжелые;
- тяжелые;
- легкие и особо легкие.

По виду вяжущего бетоны подразделяют:

- бетоны на цементных вяжущих;

- бетоны на известковых вяжущих;
- бетоны на гипсовых вяжущих;
- бетоны на жидком стекле;
- бетоны на шлако-щелочном вяжущем.

По виду заполнителей различают:

- бетоны на плотных заполнителях (с объемным водопоглощением зерен менее 6 %);
- бетоны на пористых заполнителях (с объемным водопоглощением зерен более 6 %);
- бетоны на специальных заполнителях, удовлетворяющих специальным требованиям, например, по жаростойкости, химической стойкости и т.д.

По крупности зерен заполнителей различают бетоны крупнозернистые и мелкозернистые. Мелкозернистым считается бетон, в котором размеры зерен крупного заполнителя менее 10 мм.

В зависимости от вида структуры бетоны делятся на плотные, крупнопористые, поризованные и ячеистые.

Плотными называют бетоны, в которых степень заполнения объема пустот между зернами заполнителей составляет не менее 95 %.

Крупнопористыми называют бетоны, у которых значительная часть объема межзерновых пустот остается не занятой мелким заполнителем и затвердевшим вяжущим веществом (это беспесчаные и мелкопесчаные бетоны).

Дорожным называют бетон, применяемый в покрытиях и основаниях автомобильных дорог и аэродромов.

Это разновидность тяжелого бетона, который обладает повышенной прочностью на растяжение при изгибе, износо- и морозостойкостью.

Такой вид специального бетона применяют для устройства цементобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог, взлетно-посадочных полос аэродромов, дорог промышленных предприятий.

Бетон в указанных дорожных конструкциях работает в тяжелых условиях. Он подвергается:

- воздействию многократно повторяющихся динамических нагрузок;
- воздействию воды;
- морозных циклов замораживания-оттаивания с одновременным влиянием солей (NaCl), применяемых для борьбы с гололедом.

Под действием транспортных нагрузок бетонное покрытие работает на изгиб как плита на упругом основании. Именно поэтому основным показателем механических свойств дорожного бетона является прочность на растяжение при изгибе.

Прочность на сжатие для дорожных бетонов является косвенной характеристикой их износостойкости. Исследования показали, что при прочности на сжатие выше 30 МПа сопротивление истираемости дорожных покрытий будет достаточным

Таблица – Рекомендуемые классы бетона по прочности для различных конструктивных слоев дорожных покрытий

Назначение бетона	Минимальный проектный класс, МПа (марка, кгс/см <sup>2</sup> ), бетона по прочности <sup>1</sup>	
	при растяжении при изгибе	при сжатии
Однослойное или верхний слой двухслойного покрытия дорог I и II категорий	4,0 (50)	30 (400)
Нижний слой двухслойного покрытия дорог I и II категорий	3,2 (40)	22,5 (300)
Однослойное или верхний слой двухслойного покрытия дорог III категории	3,6 (45)	27,5 (350)
Нижний слой двухслойного покрытия дорог III категории	2,8 (35)	20 (250)
Однослойное или верхний слой двухслойного покрытия дорог IV категории	3,2 (40)	25 (300)
Нижний слой двухслойного покрытия дорог IV категории	2,4 (30)	15 (200)
Основание дорог I-V категорий	1,2 (15)	5 (75)

*В скобках приведены значения ближайших к данному классу марок бетона для дорожных покрытий согласно Инструкции по строительству цементобетонных покрытий ВСН 139-80.*

Для снижения расхода цемента и улучшения свойств бетонной смеси и бетона дорожных и аэродромных покрытий, помимо воздухововлекающих добавок, необходимо применять пластифицирующие добавки.

Более широкое применение получила комплексная добавка, состоящая из лигносульфоната технического (ЛСТ – расход 0,15...0,25 %) и смолы нейтрализованной воздухововлекающей (СНВ – 0,001...0,025 %).

*Контроль за приготовлением бетонной смеси.*

Тщательный и систематический контроль за приготовлением бетонных смесей — обязательные условия получения бетона с заданными физико-механическими свойствами.

Этот контроль осуществляет заводская лаборатория, которая проверяет: качество применяемых исходных материалов (входной контроль); правильность их дозирования; режимы перемешивания;

качество готовой смеси и свойства отформованных из нее образцов цементобетона.

Особое внимание уделяется основному компоненту смеси — цементу.

Для проверки цемента, взятого из разных мест вагона или склада, отбирают несколько проб, тщательно их перемешивают и направляют в лабораторию на испытание.

Заводы цементной промышленности обычно поставляют цемент гарантированного качества и указывают его вид и марку в паспорте, прилагаемом к каждой из отгруженной партии цемента. Поэтому все его свойства при получении потребителем проверять не требуется.

Рекомендуется проверять обязательно только два свойства: сроки схватывания и равномерность изменения объема цемента каждой партии, поскольку они могут меняться в зависимости от сроков хранения цемента в силосах ЦБЗ.

Активность цемента следует проверять только тогда, когда цемент долго находился в пути (особенно при перевозках водным транспортом) или длительно лежал на складах, что может снизить его активность.

Обязательной проверке подлежат цементы высоких марок, которые при транспортировании в вагонах или длительном хранении также могут снизить свою марочность.

Обычно крупные заполнители поступают с одного постоянного месторождения или КДЗ и их свойства от партии к партии меняются незначительно. Поэтому их проверяют тщательно (по всем показателям) в лаборатории только при подборе состава бетона.

Обязательно проверяют влажность материалов, поскольку необходимо оперативно вносить коррективы в дозирование воды при приготовлении смесей.

Качество процесса смешивания компонентов оценивается однородностью полученной смеси, определяемой с помощью коэффициента вариации ( $K_v$ ) кубиковой прочности образцов бетона из одного замеса:

$$K_v = (\sigma / R) * 100\%$$

где  $\sigma$  — среднеквадратическое отклонение прочности образцов бетона;

$R$  — среднее арифметическое значение прочности образцов бетона;

Обычно величина  $K_v$ , не должна превышать 10 % (при продолжительности перемешивания 60 с).

Перед началом работы ЦБЗ, а также в период его работы лаборатории проверяют работу всех дозаторов, весов, счетчиков.

В процессе приготовления смеси необходимо контролировать продолжительность и качество перемешивания.



## Тема 6.2. Организация складов ЦБЗ

Склады исходных материалов для приготовления цементобетонных смесей и механизация погрузочно-разгрузочных работ.

На ЦБЗ организуют склады щебня (гравия), песка, цемента, топлива, масел, различных добавок.

*Склад щебня.*

Склад щебня предназначен для хранения его нормативного запаса. Склады различаются по вместимости, способу разгрузки. Разгрузку щебня, доставляемого на ЦБЗ железнодорожным транспортом, осуществляют гравитационным способом (под действием силы тяжести) или сталкиванием.

При больших объемах наиболее эффективна гравитационная разгрузка из саморазгружающихся вагонов-думпкаров, при обычных - в автомобиль-самосвалов. При гравитационном способе, являющемся наиболее простым, заполнители выгружают путем наклона кузова или опрокидывания вагона, а также через люки полувагона (бункерного типа), используют также платформоопрокидыватели. Следует учитывать, что в полувагонах, оборудованных люками, остаки невыгружаемых материалов достигают 15-20 %. Для полной их выгрузки требуются дополнительные устройства (малая механизация) или ручная очистка.

Способ сталкивания применяют для выгрузки материала с платформ устройствами с подвижными щитами. Для выгрузки сыпучих материалов из полувагонов применяют самоходные разгрузчики, рабочим органом которых является элеватор с подгребающими шнеками.

В зимнее время влажные сыпучие материалы смерзаются, что затрудняет их выгрузку из железнодорожных полувагонов и платформ. Для восстановления сыпучести применяют метод рыхления, при котором используются различные устройства для простого или виброударного рыхления. Подачу заполнителей со склада в бетоносмесительный цех осуществляют ленточными конвейерами и самоходными одноковшовыми погрузчиками на пневмоколесном ходу.

Склады заполнителей подразделяются на ряд типов, среди которых предпочтение следует отдавать складам силосного типа (особенно на автоматизированных ЦБЗ). Силосно-кольцевая схема склада щебня, гравия, песка применяется на заводах стационарного типа (рис. 6.4).

Расчетная вместимость склада ( $V$ ) зависит от суточного расхода материалов ( $Q_c$ ) и нормативного запаса хранения ( $n_3$  сут), определяемого дальностью перевозок заполнителя.

$$V = Q_c \cdot n_3$$

Согласно строительным нормам и правилам, нормативные запасы на складах ЦБЗ принимают в зависимости от дальности расположения камнедробильных заводов (КДЗ):

при дальнем расстоянии (1000 км) - 30 сут;

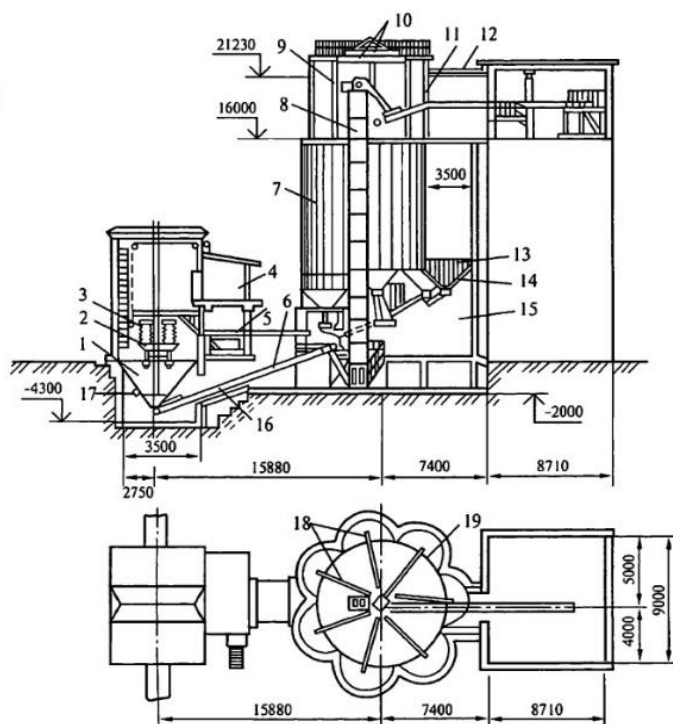
при среднем (500 км) — 20 сут;

при близком (50 -100 км) - 8 сут.

Зная норму запаса материалов, рассчитывают тип склада и площадь, которую он занимает. Наиболее сложными на ЦБЗ являются склады цемента, его разгрузка, подача на склад и в дозировочно-смесительный цех.

Рис. 6.4. Силосно-кольцевой склад:

- 1 – приемный бункер;
- 2 – люк подъемника;
- 3 – бурофрезерный рыхлитель;
- 4 – пульт управления;
- 5 – погрузчик платформы;
- 6 – галерея ленточного конвейера;
- 7 – силосы;
- 8 – ковшовый элеватор;
- 9 – надсилосное отделение;
- 10 – ручная таль;
- 11, 16 – ленточные конвейеры;
- 12, 13, 14 – галерея ленточного конвейера;
- 15 – подсилосное помещение;
- 17 – вибратор;
- 18, 19 – распределительные конвейеры.



### Склады цемента.

Правильно организованное хранение цемента и его перемещение на ЦБЗ оказывают значительное влияние на себестоимость бетонной смеси. Это объясняется высокой стоимостью цемента: она составляет около 75 % от общей стоимости необходимых материалов.

На каждую партию цемента для потребителя прилагается заводской паспорт. Хранение цемента следует осуществлять строго по сортам: это дает значительный экономический эффект, так как при смешивании сортов приходится вести расчет на низший сорт.

Складское хозяйство должно быть организовано таким образом, чтобы каждый сорт и марка цемента с указанием завода-изготовителя хранились в отдельных бункерах или силосах склада.

Склады цемента подразделяют на:

капитальные склады-элеваторы, выполненные из стали и железобетона (силосы);

инвентарные сборно-разборные; передвижные.

Склады цемента также различают по способу перегрузочных устройств: механические (элеваторы, шнеки) и с пневматическим перемещением.

Конвейеры (даже закрытые кожухом) не эффективны из-за пыления и потерь цемента и их не рекомендуется использовать на ЦБЗ.

Современный эффективный и более экономичный способ хранения цемента — в стальных силосах цилиндрического типа.

Рис. 6.5. Инвентарный притрассовый склад цемента емкостью 200 т:

1 – лестница; 2 – труба;  
3 – фильтр; 4 – силосы;  
5 – аэрожелоб;  
6 – вентилятор; 7 – элеватор;  
8 – труба для загрузки силосов; 9 – затвор;  
10 – приемный бункер для разгрузки автоцементовозов;  
11 – стальные опоры;  
12 – опорные железобетонные плиты;  
13 – блок железобетонного приемка.

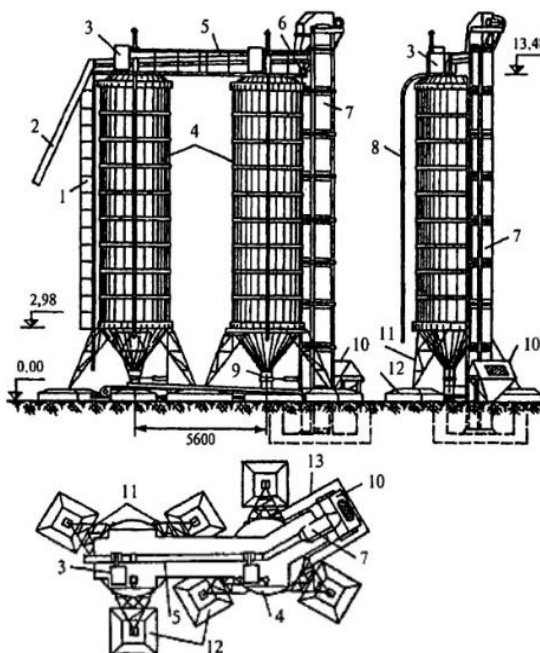
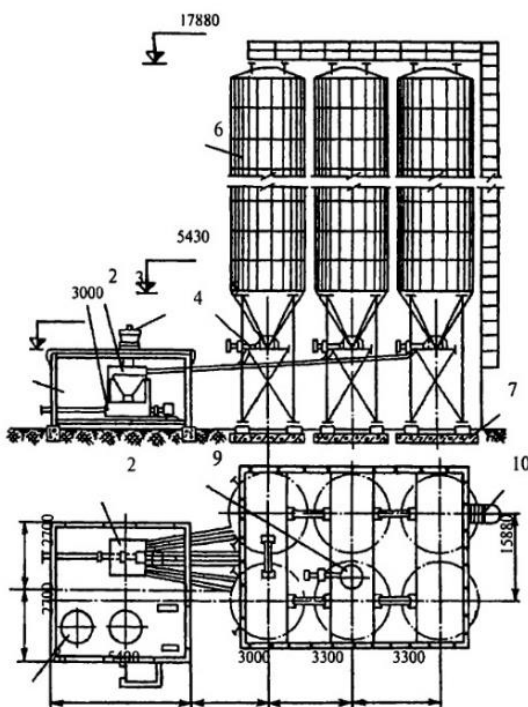


Рис. 6.6. Инвентарный притрассовый склад цемента емкостью от 240 до 720 т:

1 – насосно-фильтровое помещение; 2 – пневмонасос;  
3 – собирательный бункер; 4 – фильтр; 5 – донный пневморазгрузатель;  
6 – силосы; 7 – поверхностные железобетонные опорные плиты;  
8 – фильтры для обезвоживания сжатого воздуха;  
9 – рукавный фильтр;  
10 – лестница.



Промышленность выпускает силосные склады в комплекте с пневмотранспортным устройством. Типовые притрассовые склады цемента изготавливают вместимостью 200, 240, 400 и 720 т, а автоматизированные крупные прирельсовые склады — вместимостью 1100, 2500, 2700 и 4000 т.

Силосные склады состоят из отдельных круглых силосов (банок) диаметром 3-10 м, высотой 5-20 м и емкостью от 100 до 1000 т каждый. Силосы устраивают из железобетона, металла. Количество силосов зависит от общей емкости хранения и марок цемента и изменяется от 2 до 12. Для удобной разгрузки цемента днище силоса устраивают с углом наклона 55-60 град, а при применении аэрации - не менее 15 град.

В соответствии с классификацией самих ЦБЗ, силосные склады цемента также делятся на прирельсовые и притрассовые. Прирельсовые силосные склады могут быть передвижного типа (емкостью до 200 т) и стационарного — до 6000 т. Срок службы передвижных прирельсовых складов в одном месте -1-2 года. Их монтируют из сборноблочных конструкций, продолжительность монтажа — 2-3 месяца. Доставку цемента на склад осуществляют железнодорожным транспортом.

Притрассовые склады цемента бывают только передвижными, емкостью не менее 100 т. Запас цемента на складах пополняется ежедневно автоцементовозами. Длительность монтажа таких складов — 5-7 суток, металлоконструкции устанавливают на фундаментные плиты, укладываемые на поверхность земли.

На рис. 6.5 показан передвижной склад цемента, состоящий из двух силосов емкостью 100 т каждый. Силосы металлические перевозят целиком или отдельно от днища. Их монтируют на три опорные железобетонные плиты. Укладываемые на поверхности земли без заглабления.

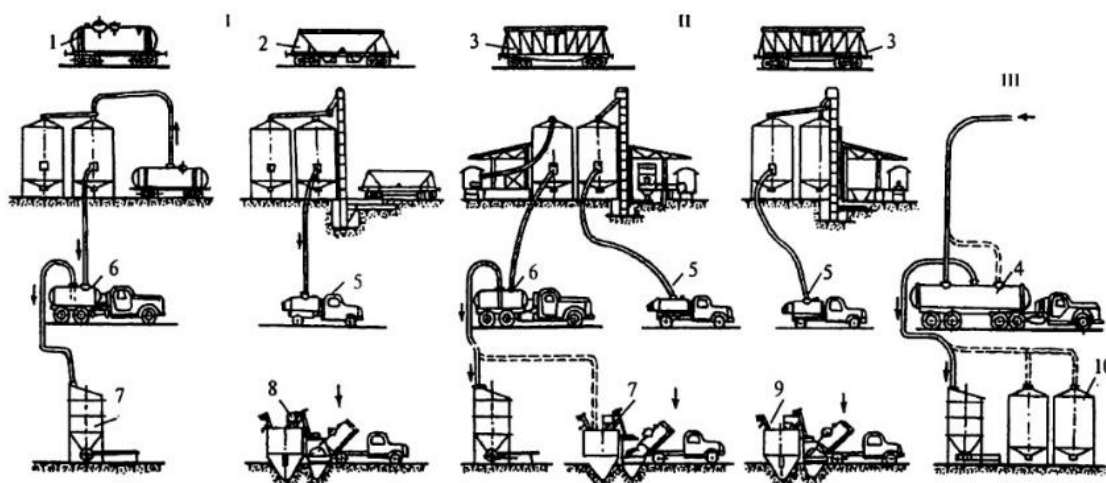


Рис. 6.7. Технологические схемы комплексной механизации выгрузки, погрузки и перевозки цемента на прирельсовых складах емкостью более 300 т и приобъектных складах емкостью более 25 т:

I — при доставке цемента на прирельсовые склады по железной дороге на расстояние до 500 км; II — то же, на расстояние более 500 км; III — при доставке цемента на приобъектные склады автомобилями-цементовозами непосредственно с цементного завода на расстояние до 100 км;

1 — силосовагон грузоподъемностью 60 т с пневматической разгрузкой; 2 — хоппер грузоподъемностью 60 т с пневматической разгрузкой; 3 — крытый вагон с аэроднищем грузоподъемностью 60 т; 4, 6 — автомобиль-цементовоз с пневматической разгрузкой; 5 — цементовоз-самосвал грузоподъемностью 4 т; 7, 8, 9 и 10 — приобъектные склады емкостью (слева направо) 50-100, 25-100, 50-100 и 25-100 т.

Цемент погружают в силосы из автоцементовозов.

При хранении значительных запасов цемента можно строить более мощные притрассовые передвижные силосные склады (рис. 6.6), имеющие 4-6 банок общей емкостью от  $4 \cdot 60 = 240$  т до  $6 \cdot 120 = 720$  т.

Силосы представляют собой металлические банки диаметром 3 м.

Их перевозят целиком, устанавливают на фундаментные плиты из сборного железобетона, укладываемые на землю без заглубления. Выгрузка цемента производится пневмонасосами или эрлифтами.

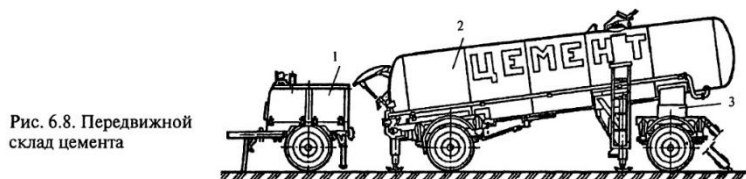


Рис. 6.8. Передвижной склад цемента

Технологические схемы выгрузки, погрузки и перевозки прирельсовых складов показаны на рис. 6.7.

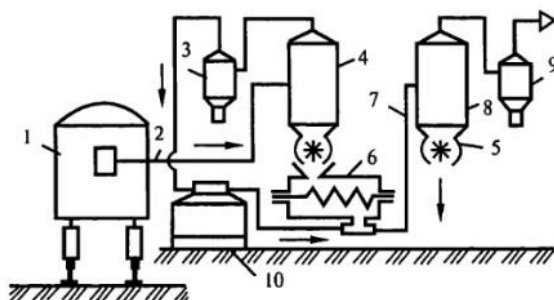


Рис. 6.9. Разгрузка цемента из крытого вагона с использованием всасывающе-нагнетательной установки:  
1 – вагон; 2 – всасывающий материалопровод; 3 – фильтр;  
4 – осадитель; 5 – затвор осадителя;  
6 – винтовой насос; 7 – нагнетательный трубопровод; 8 – осадительная камера (расходный бункер); 9 – фильтр;  
10 – вакуум-насос.

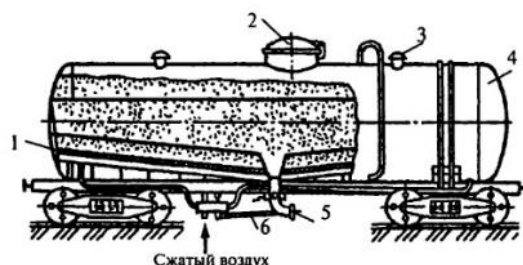


Рис. 6.10. Железнодорожный вагон-цементовоз с пневматической разгрузкой:  
1 – аэролоток с пористой перегородкой; 2 – смотровой люк с крышкой; 3 – загрузочный патрубок; 4 – цистерна;  
5 – разгрузочный патрубок с дроссельным краном;  
6 – продувочная форсунка.

Основными технико-экономическим и характеристиками складов цемента являются:

- число силосов;
- емкость (местимость) складов;
- годовой грузооборот;
- удельные энергозатраты;
- трудоемкость хранения 1 т цемента.

Для дорожных организаций при небольших работах удобен передвижной склад цемента емкостью 25 т (рис. 6.8).

Такой склад подходит при строительстве сельскохозяйственных дорог низших технических категорий и называется приобъектным. Его загружают из автоцементовозов с пневматической разгрузкой.

Склад состоит из цилиндрической цистерны 2, установленной под углом 7 градусов к горизонту и передвижного компрессора 1 (ротационного вакуум-компрессора с приводом). У цистерны имеется аэродниие и специальное разгрузочное устройство 3. Аэродниие представляет собой два

аэролотка. Перемещают такой склад-цистерну в прицепе к грузовому автомобилю или тягачу.

Разгрузку цемента из крытого вагона производят установками всасывающего и всасывающе-нагнетательного действия (рис. 6.9).

Крытые вагоны имеют много недостатков: при перевозке в них цемента образуются большие потери, увеличивается вероятность его увлажнения, довольно сложная механизация разгрузки. Учитывая высокую стоимость и дефицит цемента, по-видимому, от этого способа перевозки следует отказаться.

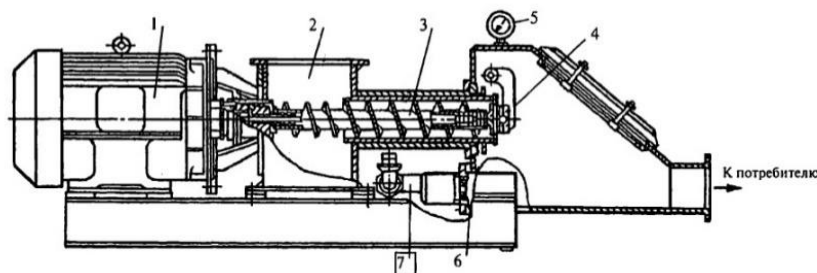


Рис. 6.11. Пневматический винтовой насос:

- 1 – электродвигатель; 2 – приемная камера; 3 – консольный напорный шнек;
- 4 – смесительная камера; 5 – манометр; 6 – коллектор подачи сжатого воздуха;
- 7 – смотровой люк.

Более эффективны вагоны-цистерны вместимостью 60 т с пневморазгрузкой цемента (рис. 6.10). Принцип действия основан на свойстве аэрированного цемента «вытекать» из цистерны подобно жидкости и далее в струе сжатого воздуха перемещаться по трубопроводу в склад.

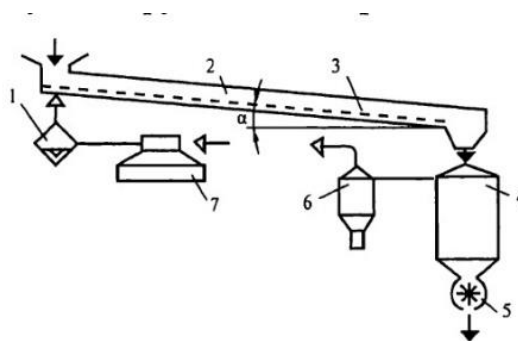
Доставка автоцементовозами эффективна на расстояние до 300 км. Автоцементовоз — это цистерна с пневморазгрузкой, установленная на шасси грузового автомобиля или автоприцепа.

Принцип действия автоцементовоза с пневморазгрузкой состоит в разрыхлении цемента сжатым воздухом, проникающим в цистерну через пористую перегородку аэроустройства, перемещении его по аэроустройству к разгрузочному патрубку и транспортировании по шлангу и трубопроводу под действием сжатого воздуха на склад в силосы. Имеются автоцементовозы, которые могут производить самозагрузку со склада цемента.

К внутризаводскому транспорту цемента относят пневмовинтовые насосы и подъемники, используемые для транспортирования цемента по трубам. Дальность подачи в сумме по горизонтали и вертикали — 200-400 м, высота подачи - 20-36 м.

Пневмовинтовой насос (рис. 6.11) устанавливают под силосом, откуда аэрированный цемент под действием собственной массы поступает в приемную камеру. Здесь он захватывается быстровращающимся напорным шнеком и подается в смесительную камеру. В этой камере есть сопла, через которые от компрессора поступает сжатый воздух, он разрыхляет цемент и перемещает его к потребителю. К внутризаводскому транспорту относят камерные насосы в аэрожелоба.

Рис. 6.12. Аэрожелоб:  
 1 – маслоотделитель; 2 – верхняя часть аэрожелоба; 3 – пористая перегородка; 4 – силос; 5 – шлюзовой затвор; 6 – фильтр; 7 – компрессор.



Аэрожелоб представляет собой трубопровод прямоугольного сечения, составленный из двух коробов — верхнего и нижнего, между которыми помещена воздухопроницаемая микропористая керамическая или мягкая перегородка (рис. 6.12). В нижний канал, являющийся воздухопроводом, нагнетают сжатый воздух, а в верхний (транспортный лоток) через загрузочный патрубок подают цемент.

Насыщенный сжатым воздухом цемент, проходя через пористую перегородку, приобретает текучесть и перемещается по лотку, установленному к горизонтальной плоскости под углом 5-7 градусов. Необходимое давление для транспортирования цемента 0,005 МПа.

### Тема 6.3. Технология приготовления цементобетонных смесей и растворов

#### *Технология приготовления цементобетонных смесей.*

Технологический процесс включает приемку и хранение исходных материалов, подачу их в бетоносмесительный цех завода, приготовление и выдачу смеси потребителям.

Приготовление смесей — основной технологический процесс на ЦБЗ. Он состоит из следующих операций:

- сортировка каменных материалов на фракции;
- дозирование каменных материалов и цемента;
- перемешивание каменных материалов с цементом, водой и химическими добавками.

На стройках получили преимущественное распространение стационарные утепленные бетоносмесительные заводы башенного типа с прирельсовыми складами заполнителей и цемента.

Стационарные заводы сооружаются строительными организациями по типовым проектам, разработанным на основе комплектов технологического оборудования, выпускаемого машиностроительными заводами.

- В комплект оборудования бетонного завода входят:
- устройства для приема исходных материалов;
  - расходные бункера, содержащие кратковременный запас материалов;
  - дозировочное оборудование;

смесители и устройства для подачи готовой смеси.

На рис. 6.13 показана технологическая схема ЦБЗ.

Исходные материалы перемешивают в бетоносмесителях циклического и непрерывного действия. Главный показатель бетоносмесителя циклического действия — объем готового замеса, а непрерывного действия — производительность по готовой смеси.

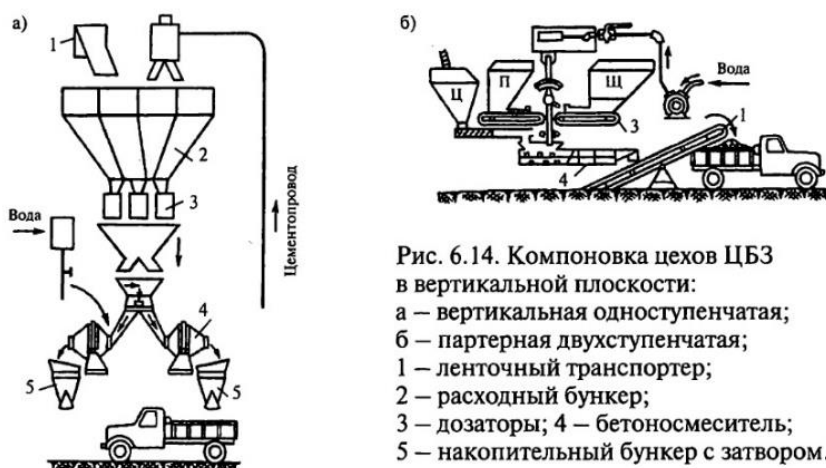


Рис. 6.14. Компоновка цехов ЦБЗ в вертикальной плоскости: а — вертикальная одноступенчатая; б — партерная двухступенчатая; 1 — ленточный транспортер; 2 — расходный бункер; 3 — дозаторы; 4 — бетоносмеситель; 5 — накопительный бункер с затвором.

У смесителей циклического действия процесс приготовления смеси представляет собой цикл последовательно чередующихся операций. При этом дозируют по массе определенные дозы компонентов смеси, соответствующие вместимости смесителя. Отдозированные материалы поступают в смеситель, где они смешиваются строго установленное время.

В установках непрерывного действия операции дозирования, смешивания и выдачи готовой смеси совершаются одновременно. Смесь отдозированных компонентов непрерывно поступает в смеситель, где перемешивается установленное время и непрерывным потоком выходит из смесителя.

Для приготовления жестких смесей (с низким водоцементным отношением) применяются смесители принудительного действия и вибросмесители производительностью 6, 7 и 8,5 м<sup>3</sup>/ч. Продолжительность перемешивания зависит от емкости бетоносмесителя и составляет, например, для емкости 300 л — 60 с, а для 1600 л — 150 с. Нормативными документами допускается дозирование только по массе, причем погрешность не должна превышать  $\pm 2\%$  для цемента и воды и  $+3\%$  для заполнителей.

По компоновке оборудования различают ЦБЗ башенного и партерного типа. На рис. 6.14 приведены их схемы. На рис. 6.15 дан разрез бетонного завода башенного типа.

Эффективность перемешивания смеси зависит от ряда факторов, среди которых важное место занимает способ перемешивания.

Применяют три способа перемешивания: свободное (гравитационное), принудительное и вибрационное.

При свободном способе компоненты смеси, захватываемые лопастями, укрепленными на внутренних стенках барабана, непрерывно падают с



высоты. Поскольку минеральные частицы смеси имеют разные крупность и массу, то при их падении возникают импульсы неодинаковой кинетической энергии, что обуславливает хорошее качество перемешивания.

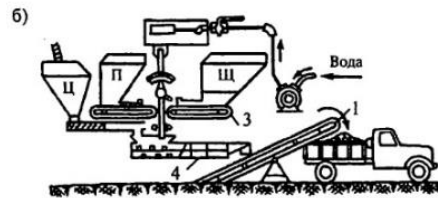
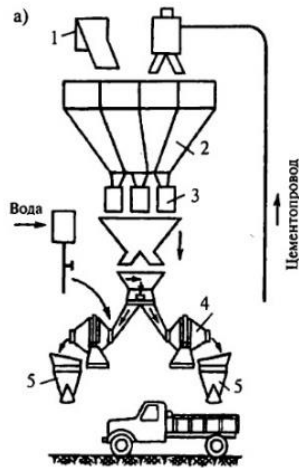


Рис. 6.14. Компоновка цехов ЦБЗ в вертикальной плоскости:  
 а – вертикальная одноступенчатая;  
 б – партерная двухступенчатая;  
 1 – ленточный транспортер;  
 2 – расходный бункер;  
 3 – дозаторы; 4 – бетоносмеситель;  
 5 – накопительный бункер с затвором.

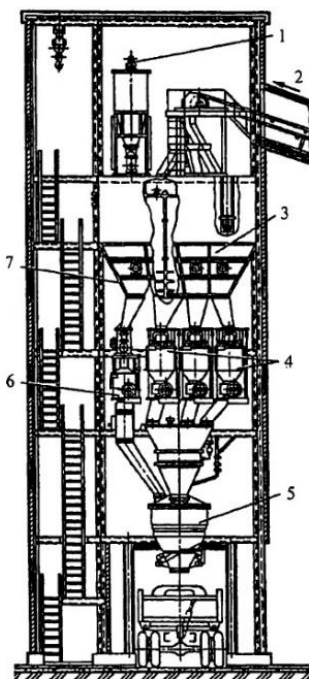


Рис. 6.15. Бетонный завод башенного типа:  
 1 – бак для воды; 2 – ленточный конвейер;  
 3 – бункер заполнителей; 4 – дозаторы  
 заполнителей; 5 – бетономешалка;  
 6 – дозатор цемента; 7 – бункер цемента.

В способе принудительного перемешивания компоненты смеси перемешаются по более сложным траекториям, вызываемым интенсивным вращением лопастей смесителя. При таком способе достигается хорошее качество перемешивания жидких смесей.

В случае виброперемешивания компоненты смеси подвергаются вибрированию. При этом смесь под влиянием тиксотропных процессов переходит в разжиженное состояние. Поэтому виброперемешивание даже очень жестких смесей обеспечивает их однородность.

Вибрация в данном способе может создаваться самим барабаном смесителя, либо его вибрирующими лопастями. Интенсификация перемешивания смеси достигается также вибрированием с помощью вмонтированных в мешалку вибраторов.

В результате виброперемешивания прочность цементобетона при сжатии повышается на 20-25 %, при изгибе - на 10-20 %.

Значительную роль в достижении качества перемешивания играет последовательность подачи компонентов:

вначале перемешивают щебень с частью воды;

после их предварительного перемешивания вводят цемент;

затем подают оставшееся количество воды.

Различные химические добавки вводят с водой. Продолжительность перемешивания сокращается, если вначале щебень, песок и цемент перемешивают сухими, а потом добавляют воду.

Если продолжительность перемешивания будет уменьшаться на 10 % и больше, прочность цементобетона заметно снизится.

Для получения качественной смеси при использовании заполнителей мелкой фракции время перемешивания увеличивают на 20-30 %.

*Приготовление цементобетонной смеси в автобетономешалках в пути.*

В некоторых случаях при малых объемах работ цементобетонную смесь можно готовить в автобетономешалках в пути или непосредственно на месте ее укладки. В этом случае ЦБЗ превращается в заводы по дозированию только сухой смеси. Сохраняются все узлы ЦБЗ. Но при этом отсутствуют мешалки в смесителях: они только дозируют компоненты бетонной смеси. Отдозированная смесь подается в автобетономешалки. Производительность дозированной установки сухой смеси около 40 м<sup>3</sup>/ч.

*Приготовление строительных растворных смесей.*

При небольшой потребности в бетонной смеси или необходимости приготовления известковых строительных растворов целесообразно применять универсальную бетонорастворосмесительную установку непрерывного действия (рис. 6.16).

*Транспортирование бетонных и растворных смесей.*

С ЦБЗ смеси доставляют потребителям автомобилями-самосвалами, автобетоносмесителями или автобетоновозами. При перевозке смесь защищают от дождя, высушивания, а также от возможности вытекания цементного раствора. При перевозке смеси на дальние расстояния и по плохой дороге смесь расслаивается, поэтому подвижные смеси в транспортных средствах, не имеющих побуждения, перевозят не далее 10 км по хорошей дороге и до 3 км — по плохой. Крайне нежелательна перевозка бетонных смесей (особенно подвижных) в автосамосвалах. В этом случае помимо расслаивания происходит расплескивание смеси через борт, а также вытекание через щели заднего борта мелких компонентов смеси и, главное, наиболее ценной компоненты смеси — цементного молока.

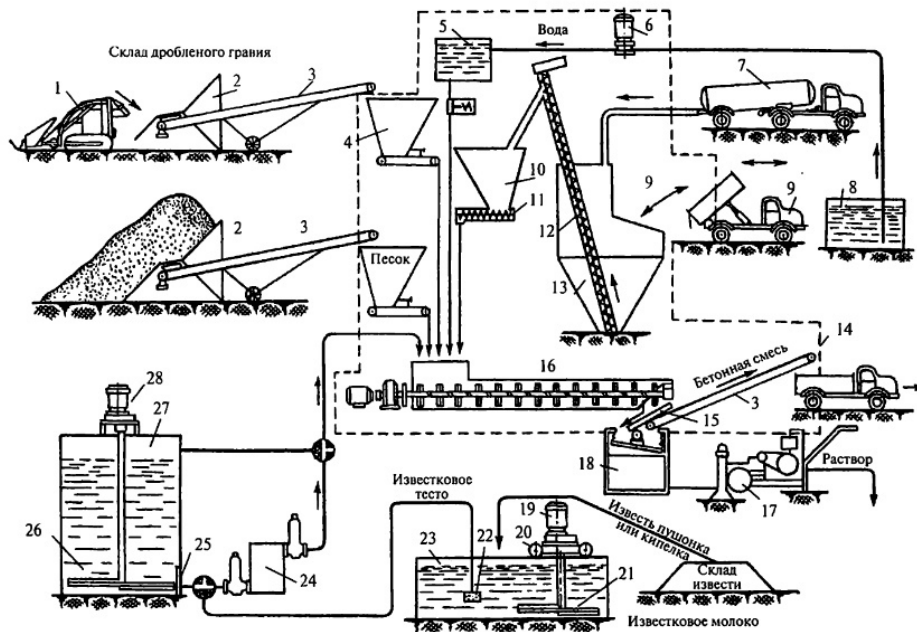


Рис. 6.16. Схема ЦБЗ с приготовлением строительного раствора:  
 1 – одноковшовый погрузчик; 2 – загрузочное устройство; 3 – ленточный транспортер;  
 4 – расходный бункер гравия (щебня); 5 – расходный бак воды; 6 – центробежный насос;  
 7 – автоцементовоз; 8 – резервуар воды; 9 – автосамосвал; 10 – расходный бункер цемента;  
 11 – шнек; 12 – наклонный шнек для подачи цемента; 13 – приемный бункер цемента;  
 14 – бетоносмесительный цех; 15 – лоток; 16 – бетоносмеситель; 17 – растворонасос;  
 18 – вибрисито; 19 – мотор-редуктор; 20 – перемещающаяся каретка; 21, 26 – побудитель  
 винтового типа; 22 – заборный фильтр; 23 – емкость для приема известкового теста;  
 24 – насос-дозатор; 25 – фильтр; 27 – резервуар; 28 – электродвигатель.

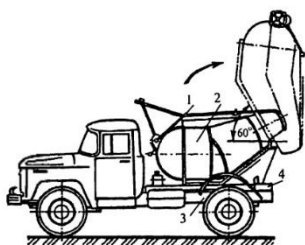


Рис. 6.17. Автобетоновоз:  
 1 – крышка; 2 – кузов; 3 – шарнир;  
 4 – рама.

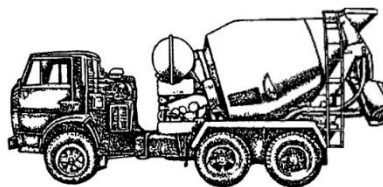


Рис. 6.18. Автобетоносмеситель

Практика показывает, что при неблагоприятном сочетании факторов, влияющих на утечку бетонной смеси (высокая подвижность смеси, плохие дороги, изношенные кузова), потери смеси при перевозке автосамосвалами могут достигать 3-3.5 %.

Перевозка на большие расстояния требует применения транспортных средств, предотвращающих расслоение и потери — автобетоновозов с побуждением и автобетоносмесителей.

Известны два типа бетоновозов: с гравитационным и принудительным побуждением.

У первых имеется удлиненный вращающийся барабан, ось вращения которого может поворачиваться. Побуждение перевозимой смеси происходит при вращении барабана, а разгрузка — путем его опрокидывания (рис. 6.17).

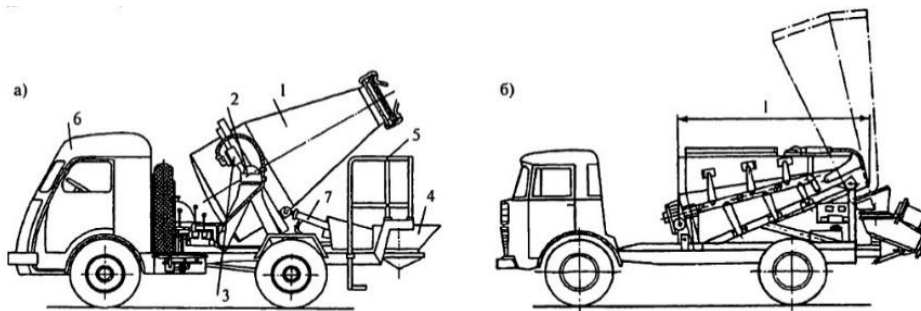


Рис. 6.19. Автобетоновоз с принудительным побуждением:  
 а – в работе; б – в транспортном положении; 1 – смесительный аппарат; 2 – рама барабана; 3 – гидравлический привод; 4 – разгрузочная воронка; 5 – рабочая площадка; 6 – базовый автомобиль; 7 – гидравлические цилиндры.

Вращение смесительного барабана с частотой 3-4 об/мин в пути прелотворяет расслоение смеси. При этом вместимость барабана используют на 80%.

Как указывалось в автобетоносмесителе (автобетономешалки) используют для приготовления бетонной смеси в пути следования от ЦБЗ до места укладки. На ЦБЗ их загружают отдозированными частями смеси и водой (или водой с химическими добавками).

Эти же машины, которые по конструкции не сложнее обычных бетоновозов с побуждением, могут служить как для доставки готовых смесей, так и для перевозки отдозированных сухих компонентов смеси на дальние расстояния (дальность перевозки сухих компонентов практически не ограничена).

Автобетоносмеситель представляет собой гравитационный смеситель, установленный на шасси автомобиля. Общий вид автобетоносмесителя показан на рис. 6.18. Автобетоносмеситель состоит из:

- смесительного барабана;
- загрузочно-распределительного устройства;
- привода барабана;
- воляного бака с системой подачи воды;
- системы управления барабаном.

Перемешивание и побуждение происходит при вращении барабана по часовой стрелке со стороны привода. Потoki смеси направляются винтовыми лопастями от загрузочного отверстия к днищу. Для выгрузки готовой смеси барабан поворачивается и смесь направляется винтовыми лопастями от днища к разгрузочной горловине (рис. 6.19).

Скоростью вращения барабана можно регулировать темп разгрузки автобетоносмесителя от 100 л до 1 м<sup>3</sup> в минуту.

По зарубежным данным экономически оправданным является применение автобетоносмесителей при дальности возки 20-25 км. В условиях США считается целесообразным использовать автобетоносмесители при перевозке бетонной смеси от ЦБЗ на расстояние 60-80 км.

В настоящее время выпускаются отечественные автобетоносмесители емкостью 2,5-3,5 м<sup>3</sup> на шасси автомобилей МАЗ, КрАЗ, КамАЗ.

### Особенности работы ЦБЗ зимой.

Часто возникает необходимость круглогодичной работы ЦБЗ, расширения возможности строить дороги с цементобетонным покрытием в зимнее время. Круглогодичное использование ЦБЗ позволяет существенно повысить использование его технологического оборудования.

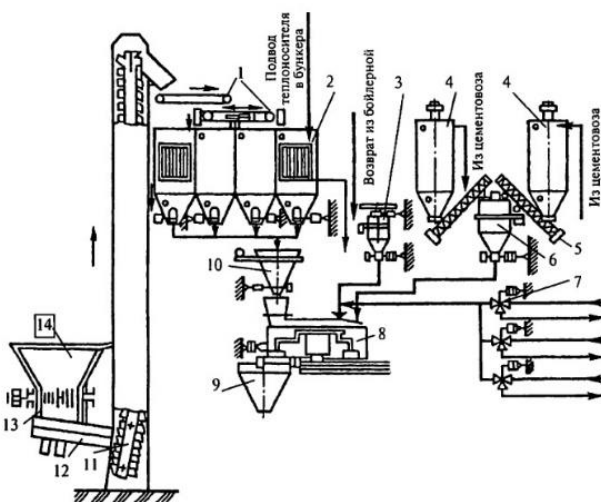
Для работы ЦБЗ зимой требуется подогревать компоненты смеси, что способствует более интенсивному нарастанию прочности бетона.

Заполнители (щебень, песок) должны иметь в момент загрузки их в смеситель положительную температуру (40-60 °С), а вода затворения — не ниже 25 °С.

Рис. 6.20.

Бетоносмесительная установка для работы зимой:

- 1 — система транспортеров;
- 2 — тепловые регистры;
- 3 — дозатор воды;
- 4 — силосы цемента;
- 5 — питатель цемента;
- 6 — дозатор цемента;
- 7 — трехходовой кран;
- 8 — бетоносмеситель;
- 9 — приемная воронка;
- 10 — многофракционный дозатор растворов химических добавок;
- 11 — ковшовый элеватор;
- 12 — комкорыхлитель;
- 13 — вибропитатель;
- 14 — бункер заполнителей.



Наибольшая допустимая температура смеси на выходе из бетоносмесителя в зависимости от вида цемента обычно составляет 35 °С при использовании портландцемента и 25 °С при использовании глиноземистого цемента.

Воду и заполнители подогревают при помощи пара, а цемент подается неподогретым.

Для ускорения твердения смеси и понижения температуры замерзания в нее вводят растворы хлористых солей.

Таким образом, при приготовлении на ЦБЗ теплых смесей в зимнее время добавляются технологические операции: восстановление сыпучести смерзшихся каменных материалов; подогрев щебня, песка, воды, приготовление водных растворов хлористых солей.

Схема установки ЦБЗ в зимнее время показана на рис. 6.20.

### Автоматизация технологических процессов.

На современных ЦБЗ основные технологические операции автоматизированы.

Контролируются следующие операции и свойства материалов:

- скорости движения лент конвейеров; давление сжатого воздуха;
- температура подогрева зимой воды, заполнителей и готовой смеси;
- уровни заполнения бункеров и силосов;
- массы дозируемых и транспортируемых материалов;

влажность заполнителей;  
жесткость или подвижность получаемых смесей;  
время и последовательность включения транспортирующих машин и смесителей.

Степень автоматизации зависит, прежде всего, от мощности ЦБЗ и имеющихся средств для ее реализации.

Автоматизация повышает качество готовой продукции благодаря точности протекающего технологического процесса, уменьшает риск его сбоев; обеспечивает безопасность труда и улучшает условия работы обслуживающего персонала.

*Экономическая эффективность автоматизации ЦБЗ.*

Она определяется рядом факторов, из которых наиболее важным является сокращение численности обслуживающего персонала, что резко снижает фонд зарплаты.

В общем виде экономия выражается в виде (руб./год):

$$\sum \Delta = \Delta_{\text{ц}} + \Delta_{\text{эл}} + \Delta_{\text{пщ}} + \Delta_{\text{св}} + \Delta_{\text{зп}} - (A + P)K_{\text{авт}},$$

где  $\Delta_{\text{ц}}$  — экономия цемента;

$\Delta_{\text{эл}}$  - экономия электроэнергии;  $m$

$\Delta_{\text{пщ}}$  - экономия песка и щебня;

$\Delta_{\text{св}}$  - экономия сжатого воздуха;

$\Delta_{\text{зп}}$  - экономия фонда зарплаты;

$A+P$  — амортизационные отчисления и расходы на обслуживание средств автоматизации;

$K_{\text{авт}}$  - капитальные вложения в средства автоматизации.

Годовой экономический эффект от автоматизации:

$$\Delta_{\text{га}} = \sum \Delta - E_n * K_{\text{авт}},$$

где  $E_n$  — нормативный коэффициент сравнительной эффективности.

Срок окупаемости капитальных вложений на автоматизацию

$$T_{\text{авт}} = K_{\text{авт}} / \sum \Delta$$

*Охрана труда.*

При приготовлении бетонной смеси необходимо соблюдать правила безопасности, установленные для данного ЦБЗ.

Для защиты окружающей среды от цементной и каменной пыли все конвейеры, а также погрузочно-разгрузочные узлы линий необходимо закрывать плотно закрытыми кожухами, подключенными к системе вытяжной вентиляции с фильтрами. Это же требование относится и ко всем дозирующим устройствам. Над воронкой загрузки сухих материалов в смесителе устраивают вытяжной зонтик. При транспортировании сухих смесей ленточными транспортерами необходимо устраивать через них переходные мостики с перилами. Паровые и воздушные линии, а также пневматические устройства можно ремонтировать только после их отключения.

Все металлические части конструкции должны быть заземлены. Электрические сети должны иметь автоматическую защитную блокировку.

## **Тема 6.4. Заводы и полигоны для изготовления бетонных и железобетонных изделий**

Назначение и классификация предприятий для изготовления бетонных и железобетонных изделий.

При строительстве автомобильных дорог широко применяют детали и узлы конструкций мостов и труб, линейных зданий и сооружений из сборного железобетона и бетона. Эти сборные элементы изготавливают на специальных предприятиях дорожных организаций.

Предприятия по производству бетонных и железобетонных изделий делят на заводы и полигоны,

Заводами называют предприятия, на которых основные технологические процессы выполняют в закрытых помещениях (цехах). Заводы, как правило, создают для централизованного снабжения группы строек типовыми деталями и конструкциями. Они обслуживают потребителей в радиусе 500-600 км. Мощность заводов железобетонных изделий (ЗЖБИ) составляет 20-50 тыс. м<sup>3</sup> и более изделий в год.

К полигонам относят предприятия, на которых в закрытых помещениях приготавливают только бетонную смесь и заготавливают арматуру, а все остальные процессы — формирование, твердение и отделку изделий — осуществляют на открытых площадках, стендах или в камерах пропаривания ямного типа, расположенных на открытом воздухе. Полигоны — менее мощные предприятия - 5, 10, 15 тыс. м<sup>3</sup> и более изделий в год.

На полигонах применяют агрегатную и иногда частично стендовую организацию производства, что позволяет выпускать продукцию в широком ассортименте, включая крупные конструкции (фермы, плиты и др.).

Полигоны могут быть специализированными самостоятельными предприятиями и находиться в составе завода железобетонных изделий (ЗЖБИ).

Организация полигонов при ЗЖБИ весьма оправдана, поскольку появляется возможность разгрузки завода от изготовления мелких разнотипных изделий, специализируя его основные цехи на выпуск массовой и однотипной продукции.

Устройство полигонов не требует значительных капитальных затрат, что позволяет значительно увеличить производительность таких предприятий со сравнительно низкой себестоимостью выпускаемой продукции.

Бетонную смесь и требуемую арматуру полигоны получают от ЗЖБИ.

Организация полигонов экономически оправдана при малых объемах производства разнотипной продукции.

Заводы железобетонных конструкций разделяются на стационарные, полустационарные и передвижные (инвентарно-разборные).

Стационарные ЗЖБИ имеют мощное тяжелое оборудование, устанавливаемое на массивных фундаментах, здания цехов, сооружения капитального типа. Полустационарные ЗЖБИ позволяют демонтировать

оборудование и перевозить его на новую площадку строящегося здания сборно-разборной конструкции.

Передвижные ЗЖБИ имеют легко трансформируемое оборудование на трейлерах, а помещения - в виде вагончиков на колесах.

*Состав заводов и полигонов.*

Эти предприятия включают следующие основные подразделения:

склады арматурной стали;

склады заполнителей;

склады цемента;

цех по приготовлению добавок;

бетоном растворосмесительные установки;

цехи формования и твердения бетона (пропарочные камеры);  
арматурный цех со складом готовых сеток и каркасов;

склады готовой продукции.

Кроме основных объектов, заводы и полигоны имеют ряд вспомогательных цехов и служб:

цех изготовления и ремонта опалубки (форм);

цех ремонтно-механический (ремонт оборудования, инструмента и приспособлений);

котельная;

склад жидкого топлива и масел; газораспределительная станция;  
трансформаторная подстанция;

лаборатория и заводоуправление. Заводоуправление вместе с жилым городком располагают за пределами завода на расстоянии санитарной зоны 1-2 км.

*Технология изготовления изделий.*

Технологии изготовления железобетонных изделий на заводе и полигоне почти не отличаются (различие лишь в объемах производства изделий). Часто ЗЖБИ называют центральным полигоном в отличие от собственных полигонов, обслуживающих объекты дорожно-строительных трестов. Главной частью заводов и полигона являются технологические линии формования изделий.

Склады материалов и изделий, бетоносмесительный узел, опалубочное и арматурное отделения располагают так, чтобы обеспечить удобство транспортных операций на полигоне или заводе.

*Способы производства изделий на полигонах.*

Известно два вида технологической организации работы полигонов: стендовая и поточная (агрегатная). Их особенности отражены в табл. 6.1.

Таблица 6.1. Основные технологические схемы организационных решений полигонов в дорожном строительстве



Таблица 6.1. Основные технологические схемы организационных решений полигонов в дорожном строительстве

Стендовая схема	Поточная (агрегатная) схема
<b>Особенности схемы</b>	
Неподвижность изделий в течение всего периода изготовления. Технологическое оборудование для выполнения отдельных операций последовательно перемещается от одного изготавливаемого изделия на стенде к другому. Изделие перемещается только один раз — при транспортировании на склад готовой продукции	Изготовление изделий на специализированных рабочих постах, в формах. Каждый пост оборудован неподвижно установленными машинами и приспособлениями в соответствии с назначением поста. Формы перемещаются при помощи различных подъемно-транспортных средств от поста к посту, каждая независимо одна от другой, прерывисто, с разными интервалами времени
<b>Формование изделий</b>	
На месте — на стенде (на открытых площадках, в ямах или в матрице)	В специальном цехе
<b>Тепловая обработка изделий</b>	
На месте — на стенде переносными средствами (колпаки, закрывающиеся ямные камеры и др.); затем распалубка на месте и транспортирование на склад готовой продукции	В камерах пропаривания или электропрогрева — в неподвижном положении; затем откатка, распалубка на специальном месте и транспортирование на склад готовой продукции
<b>Условия применения</b>	
На дорожных полигонах недолговременного типа. Экономически целесообразны на полигонах с производительностью до 10-15 тыс. м <sup>3</sup> в год	На дорожных централизованных полигонах районного значения и при длительном (многолетнем) пребывании на одном месте. Экономически целесообразны на полигонах с производительностью более 20 тыс. м <sup>3</sup> в год

### Стендовый способ.

При стендовом способе (рис. 6.21-6.22) производства изделия изготавливают в неподвижных, в неперемещающихся формах; твердеют они на месте формования.

В процессе формования и до приобретения бетоном необходимой прочности, изделия остаются на месте. В то время как технологическое оборудование и обслуживающие его рабочие перемещаются от одной формы к другой.

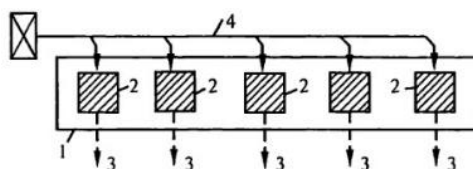


Рис. 6.21. Стендовая технологическая схема полигона: 1 — станд; 2 — посты изделий (неподвижные); 3 — перемещение готовых изделий на склад; 4 — подвижное технологическое оборудование для армирования, формования и других операций.

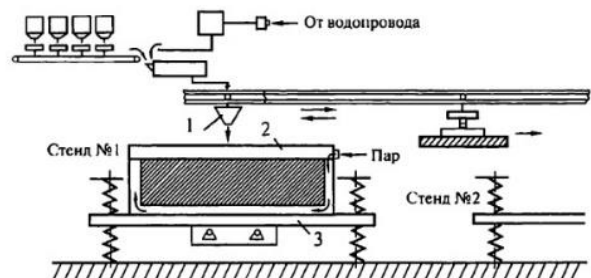


Рис. 6.22. Стендовая технология изготовления конструкций: 1 — бункер с бетонной смесью; 2 — колпак; 3 — виброплощадка.

Стендовый метод обеспечивает выпуск изделий широкой номенклатуры при сравнительно несложной переналадке оборудования.

Хотя стендовый способ требует больше производственной площади, чем агрегатный, он наиболее приемлем при изготовлении предварительно напряжённых конструкций.

Производительность технологического цикла в стендовом производстве зависит главным образом от длительности выдерживания изделий на стенде для приобретения ими необходимой прочности (обычно 1-2 суток).

На рис. 6.23 показана технологическая линия при стендовом способе с применением portalного крана.

*Агрегатный способ.*

Агрегатный (поточный) способ показан на рис. 6.24.

При агрегатной технологии форма с изделием передается от одного технологического поста к другому, проходя ряд последовательных операций.

Основным технологическим оборудованием являются виброплощадки различной грузоподъемности. Внутри цеха формы и изделия транспортируют мостовым краном и кран-балками. Для ускорения твердения отформованные изделия подвергают тепловой обработке в пропарочных камерах или электронагревом.

Поточно-агрегатная технология изготовления изделий включает следующие операции:

- очистка форм и оснастки от цементной пленки и приставших затвердевших частиц раствора;

- сборка форм (если она разъемная);

- смазка рабочих поверхностей формы;

- укладка в форму арматуры (стержней, каркасов, сеток) и закладных деталей;

- при изготовлении предварительно напряженных изделий — укладка и натяжение арматурных стержней;

- подача формы на формовочный пост (заполнение ее бетонной смесью);

- заглаживание верхней поверхности отформованного изделия и декоративная отделка по сырой бетонной поверхности (если это предусмотрено);

- снятие оснастки (при немедленной распалубке);

- подача формы в камеру пропаривания;

- термовлажностная обработка изделия;

- извлечение формы с изделием из камеры пропаривания и подъем ее на участок распалубки и остывания изделия;

- декоративная отделка по затвердевшему бетону (если она предусмотрена);

- осмотр изделия, исправление небольших дефектов, приемка ОТК;

- транспортирование на склад готовой продукции.

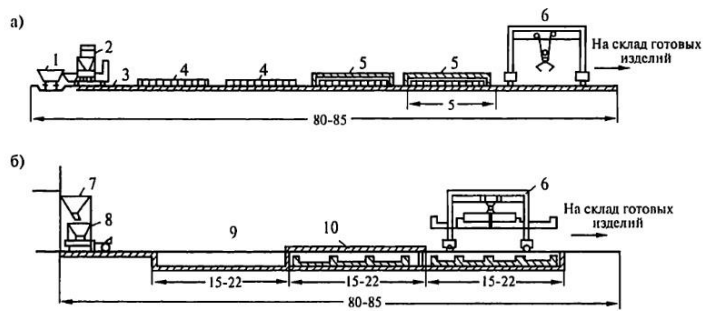


Рис. 6.23. Технологическая линия формования изделий с применением портального крана

а — для малогабаритных изделий; б — для крупных и длинномерных изделий:

- 1 — вагонетка узкоколейной железной дороги с бетонной смесью; 2 — передвижная формовочная (многоблочная) машина; 3 — неподвижный стэнд; 4 — отформованные малогабаритные изделия; 5 — пропарочные колпаки; 6 — портальный кран; 7 — расходный бункер для бетона (в бетоносмесительном отделении); 8 — бетоноукладчик; 9 — камеры формовки изделий; 10 — камеры пропаривания.

При производстве однотипной массовой продукции наиболее эффективен вариант агрегатного способа — конвейерный (рис. 6.25).

При конвейерном способе технологический процесс расчленен на элементарные процессы, которые одновременно выполняют на отдельных рабочих местах. Форма и изделие перемещаются от одного рабочего места к другому, каждое обслуживает закрепленное звено. Формы с изделиями перемещаются по потоку не кранами, а конвейерами (роликовыми, ленточными, где ленты могут быть формами-матрицами, рельсовыми, по которым передвигаются формы-вагонетки на колесах).

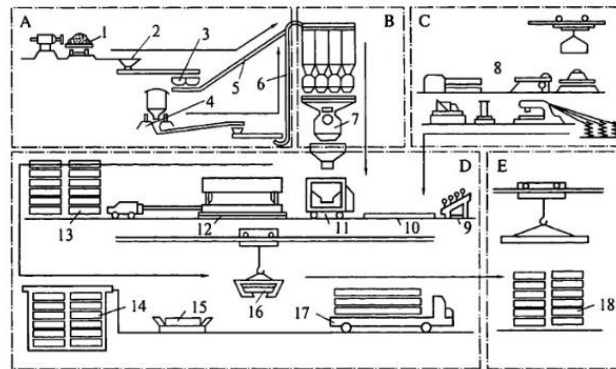


Рис. 6.24. Технологическая схема изготовления железобетонных изделий поточно-агрегатным способом:

- А — зона хранения заполнителей бетонной смеси; В — зона приготовления бетонной смеси; С — зона изготовления арматурных каркасов; D — зона формования и обработки ЖБИ; Е — зона хранения и выдачи готовых изделий; 1 — пост разгрузки заполнителей; 2 — приемные бункера; 3 — накопительные бункера; 4 — пост разгрузки; 5 — транспортная галерея; 6 — пневмоподача цемента; 7 — бетоносмесительный цех; 8 — оборудование для производства; 9 — агрегат для термического напряжения арматуры; 10 — пост армирования; 11 — самоходный бетоноукладчик; 12 — агрегат для формования изделий; 13 — зона выдержки изделий; 14 — промежуточный склад; 15 — транспортирование ЖБИ; 16 — подъем и транспортирование изделий; 17 — самоходная тележка; 18 — склад готовых ЖБИ.

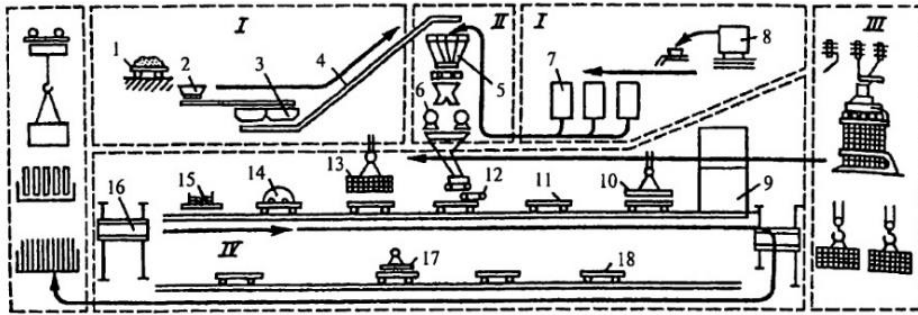


Рис. 6.25. Конвейерная технология изготовления железобетонных изделий:  
 I – зона хранения материалов; II – зона приготовления цементобетонной смеси;  
 III – зона изготовления арматурных каркасов; IV – зона изготовления изделий;  
 1 – пост разгрузки заполнителей бетона; 2 – приемные бункера;  
 3 – аккумулирующие бункера; 4 – транспортерная галерея; 5 – расходные бункера;  
 6 – смесительное отделение; 7 – силосный склад цемента; 8 – вагон-цементовоз;  
 9 – пропарочные камеры; 10 – пост укладки термоизоляционного слоя; 11 – пост доводки изделий; 12 – пост формирования изделий; 13 – пост укладки арматурных каркасов; 14 – смазка форм; 15 – очистка форм; 16 – передаточная тележка;  
 17 – пост распалубки; 18 – пост контроля.

Основным условием осуществления конвейерного производства является ритмичность выполнения процессов, для чего их продолжительность должна быть одинаковой. Тогда через равные промежутки времени одновременно перемещаются изделия с одного рабочего места (поста) на другое. Одинаковая для всех элементарных процессов продолжительность их выполнения называется ритмом технологического процесса. Генеральный план полигона по изготовлению железобетонных изделий показан на рис. 6.26.

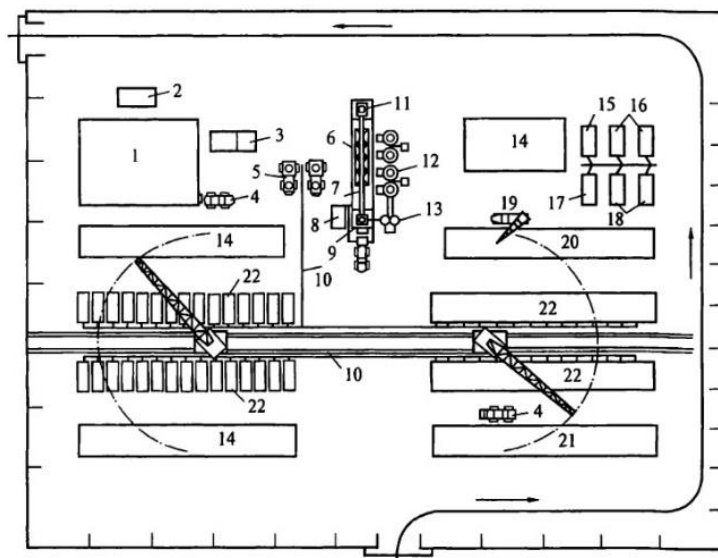


Рис. 6.26. Полигон по изготовлению железобетонных изделий:  
 1 – открытый склад заполнителей; 2 – туалет; 3 – душ; 4 – автопогрузчик; 5 – площадка подачи автомобилей-самосвалов; 6 – расходные бункера для заполнителей; 7 – наклонные ленточные конвейеры; 8 – передвижная электростанция; 9 – бетоносмесительный цех; 10 – паропровод; 11 – приемный бункер для заполнителей; 12 – инвентарный склад цемента; 13 – расходный бункер для цемента; 14 – склад готовой арматуры;  
 15 – контора; 16 – лаборатория; 17 – ремонтная мастерская; 18 – материальный склад; 19 – автомобильный кран; 20 – склад готовых изделий; 21 – запасная площадка;  
 22 – стенд с пропарочными камерами.

Ниже рассмотрены основные операции, материалы и устройства, применяемые на полигоне:

транспортирование цементобетонной смеси;

формы для изготовления изделий;

арматура и технология армирования:

заполнение форм и уплотнение смеси;

вибропрокат;

тепловлажностная обработка изделий и другие методы прогрева (инфракрасный, электроподогрев).

*Арматура и технология армирования.*

Стоимость арматуры составляет около 25 % общей стоимости железобетонных изделий.

К изготовлению арматурных сеток и каркасов предъявляются высокие требования.

Арматурные изделия на заводах выполняют в арматурных цехах завода или арматурных мастерских полигона.

По технологии изготовления различают арматуру горячекатаную стержневую и холоднотянутую проволочную. По профилю стержни бывают гладкие и периодического профиля (обеспечивают повышенное сцепление с бетоном).

Арматуру также классифицируют по диаметрам, прочностным показателям и условиям применения: для обычных и предварительно напряженных конструкций.

Технология изготовления арматурных изделий из обычного железобетона состоит из основных этапов:

предварительной обработки арматурной стали (ее очистки, правки, резки, стыкования, гнутья);

заготовки арматурных элементов из проволоки и стержней, изготовления закладных деталей;

сборки арматурных сеток и каркасов.

Очистка необходима для обеспечения прочности сварки стали и лучшего сцепления с бетоном. Арматуру очищают от грязи, окалины и коррозии электрическими вращающимися стальными щетками.

Арматурную сталь правят и режут на специальных автоматических станках.

Для более эффективного использования несущей способности стали и экономии металла арматуру дополнительно обрабатывают: упрочняют волочением, холодным сплющиванием и другими способами.

Арматурная сталь диаметром менее 14 мм поступает на заводы в мотках и бухтах, а при большем диаметре — в прутках длиной 6-12 м.

Из ненапрягаемой арматуры изготавливают сетки, плоские и пространственные каркасы. Основная задача армирования — изготовить каркас, пригодный к установке в форму без каких-либо доработок.

Резку прутковой стали и гнутье стержней производят на специальных станках.

Для получения стержней нужной длины (в соответствии с требуемой спецификацией) прутки режут: диаметром до 10 мм при небольшом объеме работ — ручными станками; диаметром до 70 мм — с помощью приводных автоматических станков. Арматурные стержни с большими диаметрами режут ацетилено-кислородными резаками или керосинорезами.

При изготовлении сеток прутки в местах пересечения соединяют точечной сваркой на сварных машинах, на крупных заводах для этой цели используют многоточечные автоматические сварочные машины, позволяющие сваривать от 4 до 40 пересечений.

Из сеток и плоских каркасов изготавливают пространственные каркасы. Укрупненная сборка и сварка производится с использованием подвесных сварочных машин.

*Армирование изделий из предварительно напряженного железобетона.*

Преднапряженные железобетонные конструкции (ПЖК) - конструкции, в которых предварительно, т.е. в процессе изготовления или возведения, искусственно создаются первичные напряжения сжатия в бетоне всего сечения или его части при растяжении всей или части арматуры.

Создание предварительного обжатия бетона в растянутых частях конструкции дало возможность одновременно и полно решить три основные проблемы железобетонного строительства: 1) снизить расход стали и бетона за счет использования арматуры и бетона высокой прочности; 2) значительно уменьшить собственную массу конструкций, особенно при больших пролетах; 3) создать повышенную трещиностойкость и жесткость конструкций.

Предварительно напряженные железобетонные конструкции изготавливаются следующими способами:

с натяжением высокопрочной проволоки или стержней арматуры до бетонирования и передачей силы натяжения на упоры станда;

с натяжением проволоки и стержней после затвердения бетона и передачей силы натяжения на бетон конструкции.

В общем случае ПЖК принято разделять по способу создания собственных усилий по отношению ко времени бетонирования на конструкции с предварительным или последующим натяжением арматуры. Конструкции, в которых арматура натягивается до твердения бетона, называются «конструкциями с натяжением арматуры на упоры», а при натяжении арматуры после твердения бетона — «конструкциями с натяжением арматуры на бетон».

В конструкциях «с натяжением арматуры на упоры» арматуру натягивают и закрепляют на упорах стандов, форм или поддонов. После бетонирования и приобретения бетоном достаточной прочности (порядка 70 % от проектной) арматура освобождается от связи с упорами и, стремясь возвратиться к первоначальному напряженному состоянию, обжимает бетон.

В конструкциях «с натяжением арматуры на бетон» арматуру в виде стержней, проволочных пучков и т.п. располагают в каналах, пронизывающих конструкцию, или во внешних пазах. Для восстановления сцепления арматуры с бетоном и ее защиты от коррозии в каналы, после окончания натяжения и закрепления концов арматуры, нагнетается цементный раствор, т.е. производится инъектирование каналов, а пазы заделываются бетоном.

Натяжение в арматуре контролируется при натяжении на упоры до обжатия бетона, при натяжении на бетон — по окончании обжатия.

В зависимости от условий технологического процесса изготовления и типа конструкций используются следующие способы натяжения арматуры: механический, электротермический, электротермомеханический и физико-химический.

При натяжении арматуры механическим способом наибольшее распространение получили гидравлические домкраты двух типов: одиночного действия и двойного действия с различными тяговым усилием, ходом поршня, размерами и массой. С помощью домкратов одиночного действия выполняется одна операция — натяжение арматуры, домкратов двойного действия — две операции — натяжение арматуры и закрепление в напряженном состоянии.

Электротермический способ натяжения арматуры основан на укорочении нагретых стержней при их охлаждении.

При натяжении арматуры электротермическим способом максимальная температура нагрева, как правило, не должна превышать для стержневой арматуры 350 °С, а для проволочной — 300 °С.

Арматурную заготовку (стержневую, проволочную или прядевую), нагретую электрическим током до требуемого удлинения, фиксируют в таком состоянии в жестких упорах или на торцах затвердевшего элемента. Упоры и торцы препятствуют укорочению заготовки при остывании, благодаря чему в ней возникают заданные растягивающие напряжения.

Электротермомеханический способ напряжения — это совокупность электротермического и механического способов натяжения, осуществляемых одновременно.

Физико-химический способ натяжения арматуры осуществляется путем применения бетона на напрягающем цементе. Этот способ, весьма перспективный принципиально, за последние 50 лет применяется лишь в опытных конструкциях.

Армирование изделий напрягаемой стержневой арматурой производится в таком порядке. Вначале заготавливают арматуру, затем устраивают на ее концах анкеры в виде приваренных коротышей или монтируют самозаклинивающиеся анкеры. Далее арматуру помещают в формы, закрепляют в хвостовые и головные упоры и производят натяжение. Процесс натяжения не отличается от натяжения проволочной арматуры.

Натяжение арматуры механическим способом наиболее распространено. Его производят до или после затвердения бетона изделия (чаще до затвердения).

При механическом натяжении необходимо соблюдать требования техники безопасности, в частности для предупреждения ударов при обрыве арматуры, при электротермическом — мероприятия по электробезопасности.

Сущность электротермического способа натяжения заключается в удлинении арматуры вследствие ее нагревания при прохождении тока. Нагретая арматура заанкеривается с обеих сторон стенда (формы) и отпускается после затвердения бетона, чем создается напряжение в бетонируемом изделии. Этот способ прост, не требует сложного оборудования, экономичен и получает в последнее время широкое распространение. Нагрев осуществляется до температуры 250-400 °С в течение 2-3 мин током 60-65 в.

#### *Заполнение форм и уплотнение смеси.*

Формование изделий является основным технологическим процессом на ЗЖБИ, во многом определяющим технологию всего завода. Формование состоит из следующих операций: подготовки опалубочных форм, установки и закрепления в них арматурных сеток или каркасов, укладки смеси, ее уплотнения, отделки поверхности изделия.

Смесь укладывают в формы и распределяют вручную, бетонораздатчиками или бетоноукладчиками. После укладки в форму смесь уплотняют для придания изделию правильной геометрической формы и получения плотного бетона. Недоуплотнение бетонной смеси на 10 % уменьшает прочность бетона приблизительно в 2 раза. Способ уплотнения и применяемые для этой цели машины и оборудование определяют собой всю технологию изготовления изделий и общую схему их производства.

Различают способы уплотнения: вибрированием, прессованием или прокатом в сочетании с вибрированием или без него и центрифугированием. Основным приемом уплотнения бетонной смеси — вибрирование поверхностное и глубинное (рис. 6.29).

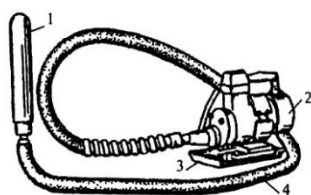


Рис. 6.29. Глубинный вибратор:  
1 — вибробулава; 2 — электродвигатель;  
3 — салазки; 4 — гибкий вал.

Вибрация — наиболее эффективный метод механизированного распределения, укладки и уплотнения бетонной смеси. Под действием вибрации значительно уменьшается трение и сцепление между частицами заполнителя в смеси, вследствие этого облегчается перемещение частиц и уплотнение смеси. Бетонная смесь превращается из жесткой и малоподвижной в очень подвижную текучую массу, которая быстро заполняет формы.



Основные способы механического воздействия на бетонную смесь с целью ее уплотнения и придания формы — прессование, вибрирование, вибровакуумирование (рис. 6.30). Воздействие вибрационных импульсов вызывает снижение вязкости и разжижение смеси с одновременным ее уплотнением. В процессе вибрации уплотнение жестких смесей происходит в две стадии. На первой разрушается первоначальная структура смеси. Частицы меняют взаимную ориентацию, перемешаются, контакты между ними нарушаются и под влиянием сил тяжести образуется новая, более постоянная и устойчивая структура. Объем уменьшается вместе с цементным тестом и раствором, действующим как смазка и снижающим внутреннее трение.

На второй стадии бетонная смесь вибрирует как одно целое. Частицы находятся в тесном контакте, незначительное взаимное перемещение возможно лишь в связи с седиментационными процессами и выделением заземленного воздуха, который в этот период придает смеси свойства упругого тела.

Относительно новой эффективной технологией уплотнения является ударно-вибрационная. При этом используют принцип, основанный на вибрации и ударе (виброрезонансные площадки).

Как показывает опыт производства сборного железобетона на низкочастотных резонансных виброплощадках, ударно-вибрационная технология значительно улучшает качество изделий, их заводскую готовность.

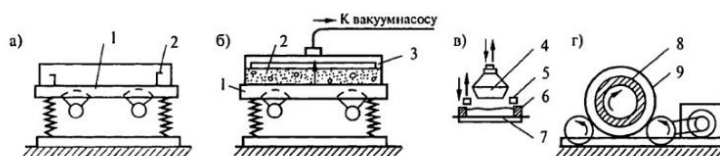


Рис. 6.30. Схемы уплотнения бетонной смеси в изделиях:  
а — вибрированием; б — вибровакуумированием;  
в — вибропрессованием; г — центрифугированием;  
1 — вибростол (виброплощадка); 2 — форма; 3 — вакуум-щит; 4 — виброштамп;  
5 — прижимная рама; 6 — бортовая оснастка; 7 — поддон; 8 — железобетонная труба;  
9 — центрифуга.

Вибропрессование — метод вибрационного формования с одновременным давлением на бетонную смесь — позволяет использовать более жесткие смеси и формовать изделия с профилированной верхней поверхностью.

Вибрирование изделий на виброплощадках с пригрузом повышает эффективность уплотнения бетонной смеси, примерно вдвое сокращает продолжительность уплотнения, обеспечивает получение гладкой поверхности.

Виброштампование — воздействие на бетонную смесь виброштампом, который сочетает функции виброуплотнения, пригруза и формообразования. Рабочая поверхность виброштампа в зависимости от вида формуемых

изделий может быть плоской, рельефной и с пустотообразователями. Виброформование. Применяется для изготовления различных железобетонных изделий из жестких смесей. В дорожном строительстве оно широко используется. Жесткие смеси обладают тиксотропными свойствами (разжижение) только при вибрировании.

Эффективность виброобработки зависит от реологических свойств (подвижности) смеси, амплитуды, частоты колебания и длительности вибрирования. Показатель эффективности вибрирования бетонной смеси определяется из формулы

$$K=0,001A^2n^2 \text{ см}^2/\text{сек}^3,$$

где  $A$  — амплитуда колебания;

$n$  — частота колебания.

Величина  $K$  колеблется от 30 до 2800  $\text{см}^2/\text{сек}^3$ . Для различных смесей установлены оптимальные значения показателя эффективности вибрирования  $K_0$ . При оптимальных  $K_0$  обеспечивается равномерное уплотнение бетонной смеси требуемой удобоукладываемости и минимальная продолжительность вибрирования. Зная  $K_0$ , можно, задаваясь амплитудой колебания ( $A= 0,1-1$  мм), устанавливать требуемую частоту колебаний.

Различают следующие основные способы виброобработки:

а) поверхностный — при котором колебательные импульсы на смесь передаются через поверхность, например, плоский вибратор или вибрирующие элементы формы-опалубки (виброформы), т.е. стенки и днища, к которым крепятся вибраторы;

б) глубинный — колебательные импульсы передаются через глубинные вибраторы или вкладыши, погружаемые в смесь;

в) объемный — колебательные импульсы через виброплощадку, на которой устанавливается изделие, передаются всему объему смеси.

В дорожном строительстве виброформование наиболее распространено.

Вакуумирование. Эффективность вибрирования можно повысить вакуумированием. Суть вакуумирования заключается в отсасывании из свежееуложенной смеси воды (до 20 %) и заземленного воздуха. На поверхность бетонного изделия укладывают вакуумщит, обеспечивающий герметизацию формы. Под щитом с помощью вакуум-насоса создается разрежение до 75-80 % полного вакуума, и вода по шлангам отсасывается из смеси и поступает в водосборник.

Вакуумирование повышает плотность и прочность бетона сразу же после формирования, что позволяет выполнять частичную и для некоторых изделий полную распалубку. Достоинством вакуумирования является также то, что подвижную смесь можно подавать сразу к месту формирования по трубам с помощью сжатого воздуха или бетононасосов.

Центрифугирование. Для изготовления изделий, имеющих цилиндрическую форму (напорные и безнапорные трубы, бетонные сваи,

пустотелые опоры линий электропередачи и другие конструкции кольцевого сечения), эффективно используют способ центрифугирования (рис. 6.31)

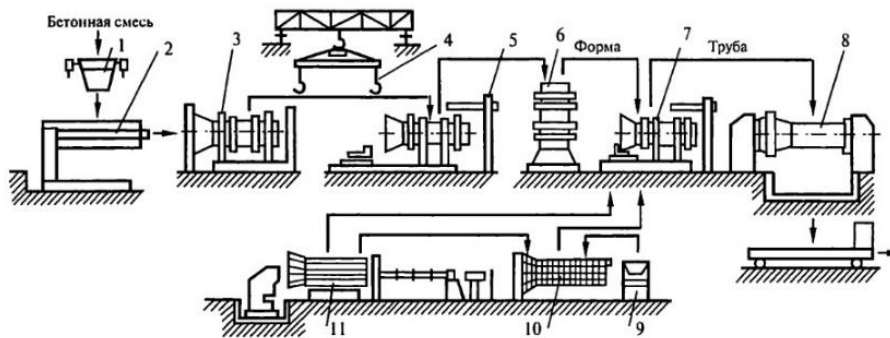


Рис. 6.31. Технологическая схема изготовления труб методом центрифугирования: 1 – раздаточный бункер; 2 – ленточный питатель; 3 – центрифуга; 4 – траверса; 5 – стенд; 6 – консольные съемники; 7 – форма на посту тепловой обработки; 8 – пост разборки, чистки, смазки; 9 – установка для испытания труб; 10 – станок для изготовления фиксаторов арматуры; 11 – стенд для сборки двойных арматурных каркасов.

При помощи центрифугирования возможно изготавливать трубы и другие изделия большой длины, различных поперечных сечений, с различной толщиной стенок и с большой точностью при небольших трудовых затратах.

При центрифугировании бетонную смесь укладывают в цилиндрическую форму, вращающуюся вокруг продольной оси. Под влиянием центробежных сил, развивающихся при вращении формы, происходит уплотнение бетонной смеси и отжатие из нее значительной доли воды. Излишняя вода (с небольшой частью цемента, так называемый шлам) удаляется после завершения центрифугирования. В результате значительно снижается водоцементное отношение, и прочность бетона возрастает на 25-30 % по сравнению с бетоном того же состава при обычном способе уплотнения бетонной смеси.

Изготовленные центрифугированием изделия отличаются большой плотностью и высокой прочностью бетона, малым водопоглощением и водопроницаемостью, повышенным сопротивлением агрессивным воздействиям.

**Вибропрокат.** Вибропрокатом называют способ уплотнения бетонной смеси одновременным воздействием на нее вибрации и давления при прокате между вальками или под действием пригруза. Вибропрокат повышает прочность бетона при сжатии на 5 % и плотность на 1 %. Вибропрокат осуществляют на прокатных станах (рис. 6.32) по различным технологическим схемам: вибропрокат, силовой вибропрокат и вибропрокат сегментный.

Производство изделий на вибропрокатных станах характеризуется непрерывностью процесса, формированием изделий на движущейся транспортерной ленте в сочетании с ускоренной тепловлажной обработкой. Для изготовления бетонных плит сборных покрытий наиболее пригоден

силовой вибропрокат. Его технология основана на сочетании уплотнения особо жестких бетонных смесей (30 сек) с одновременным интенсивным механическим давлением при помощи вибровалков, передающих смеси вибрационные колебания.

Технология изготовления плит следующая. Очищенная и смазанная форма устанавливается на подающий механизм автоматической траверсы, который перемещает форму в зону дозирования, где подъемный стол опускает форму на виброплощадку. Дозировочно-весовой передвижной бетоноукладчик, получив бетонную смесь, распределяет ее равномерно при помощи скребка. После этого включается виброплощадка, и смесь подвергается предварительному вибрированию в течение 30 сек. Затем подъемный стол снимает форму с виброплощадки, и цепной подающий механизм перемещает ее на тележку с подпружиненной верхней рамой.

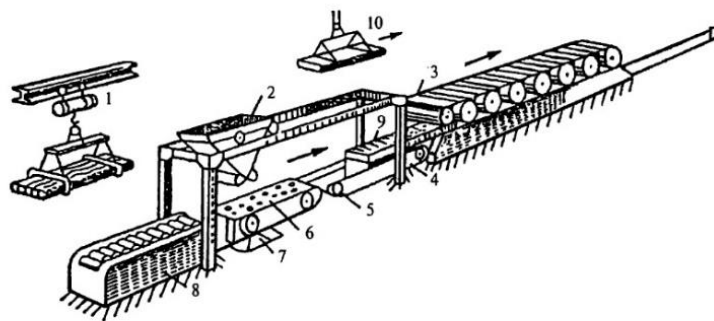


Рис. 6.32. Технологическая линия силового вибропроката для изготовления бетонных плит:

1 –автоматический захват формы; 2 – распределительно-дозировочное устройство с весовым дозированием; 3 – стан силового вибропроката; 4 – тележка; 5 – натяжная станция ходовой части; 6 – виброплощадка; 7 – передаточный подъемный рольганг; 8 – приводной рольганг; 9 – плита; 10 – захват для подачи плит в пропарочную камеру.

Тележка с формой на рабочей скорости 35-40 м/ч подается под силовой вибропрокатный стан, где за счет интенсивных давлений вибрирующих валков бетонная смесь уплотняется и обжимается. После выхода из-под стана форму с прокатанным изделием снимают с тележки и направляют на тепловлажную обработку. После кратковременной тепловлажной обработки (3 ч) изделие вынимают из формы и складывают в штабель для дозревания.

Применяется бетонная смесь с водоцементным отношением 0,30-0,35. Режим тепловлажностной обработки следующий: повышение температуры до 50°C - 1,5 ч, выдерживание при 50°C - 1,5 ч. В зимнее время после распалубки изделие выдерживают в цехе в течение 20 ч.

#### *Тепловлажная обработка изделий.*

Свежеуложенный бетон в нормальных условиях (температура 20+5 °С) набирает проектную марку по прочности через 28 суток. Для получения прочности в более короткие сроки бетон подвергают тепловлажной обработке.

Виды тепловой обработки:

тепловлажная обработка (пропаривание) состоит в длительном воздействии на бетонное изделие насыщенного пара при 60-100 °С и относительной влажности среды около 100 %;

сухой прогрев — длительный подогрев бетонного изделия в воздушной среде;

автоклавная обработка, при которой на бетонное изделие воздействует пар при 130-180 °С под давлением 8-12 кг/см<sup>2</sup>. Автоклавная обработка дает возможность получить прочность, равную 125-150 % от марки бетона уже через 8-10 ч.

Наиболее распространенным видом тепловой обработки является тепловлажная обработка (пропаривание) в пропарочных камерах. При тепловлажной обработке прочность бетона быстро нарастает, что позволяет через 8-24 ч изделие расформовывать, переносить и перевозить на склады и доставлять к месту работы.

Быстрое нарастание прочности бетона объясняется значительным ускорением хода реакции гидратации цементного зерна под влиянием повышенной температуры и влажной среды. Однако конечный эффект зависит от свойств цементов, подвижности бетонной смеси и режима обработки.

К недостаткам процесса пропаривания изделий относятся длительность процесса и неполное использование цемента.

Для ряда цементов ускоренный период коллоидации (гелеобразования) вызывает недостаточную полноту гидратации клинкерных материалов. Вследствие местных температурных напряжений в изделиях нередко появляются микро- или значительные трещины. После пропаривания бетон набирает прочность 70-80 % от своей марки, и в дальнейшем она не возрастает. Это нежелательные явления и устранять их можно только правильным выбором цементов и режима пропаривания.

#### *Технология тепловлажностной обработки.*

Этот процесс заключается в воздействии на изделие горячей и влажной средой — воздухом с температурой 60-200 °С и относительной влажностью до 100 %. В такой среде реакции между минералами цемента и водой протекают в 8-10 раз быстрее. Возникают прочные новообразования и упрочняется структура бетона, что значительно ускоряет твердение бетона.

Тепловлажностная обработка должна обеспечить получение прочности бетона около 70 % проектной или 50-60 % распалубочной, т.е. такой, при которой изделия можно снимать с поддонов форм, прокатных станков и др. Эффективность тепловой обработки оценивается отношением прочности бетона, прошедшего обработку  $R_0$ , к прочности бетона  $R_{28}$ , твердевшего в нормальных условиях;

$$R_0 / R_{28} = m.$$

Продолжительность Полного цикла тепловлажностной обработки  $T$  (от окончания формования до отгрузки готовых изделий) равна

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5,$$

где  $T_1$  — период предварительной выдержки сформованных изделий до начала обработки;

$T_2$  — период нагрева;

$T_3$  — период изотермического нагрева;

$T_4$  — период охлаждения;

$T_5$  — период выдерживания изделий после тепловлажностной обработки.

Период  $T_1$  необходим при любых способах тепловой обработки. В течение этого периода происходит тепловое формирование многочисленных новообразований бетона. В изделиях, подогреваемых без предварительного выдерживания, происходит преждевременное уплотнение оболочек зерен цемента и замедляется реакция гидратации, что приводит к снижению прочности бетона. Следующий за периодом  $T_1$  период нагрева позволяет в дальнейшем интенсифицировать изотермический подогрев изделий, и это в конечном счете компенсирует время, затраченное на предварительное выдерживание.

Продолжительность  $T_1$  зависит от вида цемента и составляет 1,5-4 ч. С уменьшением водоцементного отношения период  $T_1$  уменьшают.

Период  $T_2$  определяется допустимой скоростью подъема температуры; последняя зависит главным образом от пластичности смеси и массивности изделий. Скорость подъема температуры меньше для пластичных смесей и массивных изделий (не выше 20-25 град/ч) и больше для жестких смесей и тонкостенных изделий (не выше 35-40 град/ч). С увеличением толщины изделий скорость подъема температуры несколько снижается.

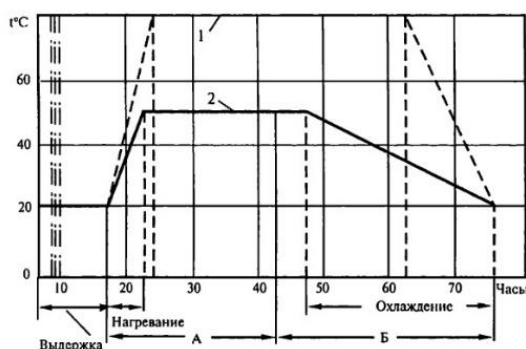
Продолжительность периода  $T_3$  зависит от жесткости смеси и температуры изотермического нагрева. С повышением жесткости смеси  $T_3$  снижается, а с понижением температуры изотермического подогрева ( $t_u$ ) - возрастает.

Период  $T_4$  должен быть таким, чтобы при охлаждении изделий можно было избежать образования опасных температурных напряжений. Быстрое охлаждение может вызвать образование трещин и интенсивное движение влаги к остывающей поверхности, что понижает морозостойкость и влагонепроницаемость. Продолжительность  $T_4$  зависит от  $t_u$ , жесткости смеси, массивности и толщины изделия. Скорость охлаждения возрастает ( $T_4$  уменьшается) с увеличением жесткости смеси и уменьшается с увеличением массивности и толщины изделий. Максимальная допустимая скорость охлаждения жестких смесей 50-60, пластичных -30-35 град/ч.

Пропаривание, ускоряя твердение, все же несколько снижает конечную прочность бетона. Чем меньше предварительная выдержка и выше температура пропаривания, тем хуже структура бетона и больше потеря прочности. При быстром остывании изделия возникает значительная разность температур наружного слоя и ядра бетона, которые в сумме с усадочными напряжениями часто превышают предельное сопротивление

растяжению, и в изделии появляются трещины, иногда большой длины и глубины.

Рис. 6.33. Рекомендуемый режим пропаривания в камерах:  
1 – по инструкции;  
2 – по рекомендации МИИТа;  
А – первая секция камеры пропаривания;  
Б – вторая секция камеры пропаривания.



На рис. 6.33 приведен график режима твердения, рекомендуемого МИИТом, для мостовых конструкций.

Способы тепловлажностной обработки классифицируют по следующим признакам.

По источнику тепла — пропаривание при повышенной ( $t > 100^{\circ}\text{C}$ ) или пониженной ( $t=50-100^{\circ}\text{C}$ ) температуре, электроэнергией, различными жидкостями (вода, масло), методом горячего формования.

По способу передачи тепла — непосредственное соприкосновение изделия с теплоносителем, нагрев через поверхность (контактный), излучение, нагрев токами высокой частоты.

По давлению среды — при нормальном и повышенном давлении (автоклавы).

По режиму — периодический и непрерывный.

Из всех разнообразных способов тепловлажностной обработки наибольшее распространение в дорожном строительстве получило пропаривание изделий при атмосферном давлении и пониженной ( $60-100^{\circ}\text{C}$ ) температуре. Значительно реже используется автоклавный способ и электропрогрев. Очень редко используется контактный и лучистый подогрев.

Пропаривание изделий заключается в выдерживании отформованных изделий в пропарочных камерах, заполненных паровоздушной смесью определенной температуры.

Прочность изделий определяется режимом пропаривания.

Продолжительность периодов  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_4$  и  $T_5$  назначается в соответствии с приведенными выше рекомендациями. Температура изотермического прогрева  $t_0$  принимается равной  $60-100^{\circ}\text{C}$ .

Автоклавный паропрогрев заключается в пропаривании бетонных изделий при повышенных температурах ( $175-193^{\circ}\text{C}$ ) насыщенным водяным паром с давлением 9-13 ат. Указанные параметры ускоряют режим паропрогрева и способствуют образованию более прочных изделий.

Автоклавы представляют собой герметически закрывающиеся с хорошей теплоизоляцией камеры (диаметром 2,6 или 3,6 м, длиной 20-30 м), внутри которых на рельсах перемещаются вагонетки с изделиями.

Ориентировочный режим пропаривания в автоклавах при давлении 9-13 ат следующий: T1 - 2-4 ч для дорожных бетонов и 3-4 ч для ячеистых. T2 - 3-4 (4-6), T3 = 4-5 (6-8), T4 = 2-3 (4-6) ч. Окончательный режим пропаривания корректируется опытом.

Расход пара на 1 м<sup>3</sup> изделий при автоклавном паропрогреве составляет 300-350 кг, что не намного больше, чем при камерном пропаривании. Однако металлоемкость автоклавов очень большая и это определяет их высокую стоимость.

Соблюдать режим пропаривания, управляя им вручную и визуально, невозможно: это приводит к серьезным ошибкам и отклонениям. Нужно использовать пропарочные камеры с программным регулированием режима пропаривания. Использование таких камер улучшает условия труда, сокращает брак, повышает качество изделий, их производительность, снижает расход пара и потребность в обслуживающем персонале.

Большие возможности при производстве сборного железобетона представляет метод прогрева свежееотформованных изделий инфракрасными лучами. В промышленности для прогрева используются излучения с длиной волны от 0,76 до 6 мк. Максимальным потоком волн данного спектра обладают тела, имеющие температуру излучающей поверхности от 300 до 2400 °С.

Постоянство заданных температурных режимов осуществляется периодическим включением и выключением генераторов инфракрасных лучей. Возможна автоматизация процесса. Метод термообработки инфракрасными лучами позволяет получать сборные железобетонные изделия с прочностью до 75 % от марочной в 1,5-2 раза быстрее, чем при использовании пара. Сокращение продолжительности термообработки в 1,5-2 раза позволяет на 60-70 % повысить выпуск готовых изделий, не увеличивая производственных площадей предприятия.

После тепловой обработки изделия подвергают контролю и направляют на склад.

#### *Контроль и управление качеством продукции.*

Цель контроля качества — это выявление и предупреждение дефектов, а также принятие решений по их устранению.

Основные принципы контроля качества:

- 1) комплекс мероприятий по наблюдению за осуществлением требований нормативных документов (ГОСТов, СТБ, ТУ);
- 2) обязательное установление соответствия параметров бетонных и железобетонных изделий предъявляемым к ним требованиям.

Контроль за продукцией ЗЖБИ включает весь технологический комплекс, при котором контролируются:

поступающие материалы;



технологические процессы;  
качество готовых изделий.

Контроль поступающих материалов проводится заводской лабораторией в соответствии с требованиями ГОСТов, СТБ, ТУ.

Контроль технологических процессов заключается в проверке:

длительности и качества перемешивания;

подвижности и удобоукладываемости смеси;

качества сварки и монтажа арматурных сеток и каркасов;

величины напряжения при натяжении арматуры;

параметров уплотнения смеси;

температурного и влажностного режима термовлажностной обработки других операций.

Контроль качества готовой продукции осуществляется в соответствии с государственными стандартами, установленными на тот или иной вид изделия.

Основные систематически определяемые показатели, которые определяют периодически:

прочность бетона;

морозостойкость;

водонепроницаемость;

трещиностойкость.

При отпуске изделий потребителям проверяют:

прочность бетона (неразрушающими методами);

толщину защитного слоя;

укладку изделий на транспортные средства;

испытывают контрольные кубы бетона;

размещение арматуры в готовых изделиях.

Прочность бетона контролируют для всех партий изделий (каждые 50 м<sup>3</sup> смеси). Для этого из проверяемой партии сменного объема изготавливают три серии образцов-кубиков. Формование и выдерживание образцов должно быть таким, как при изготовлении изделий.

Эффективны неразрушающие методы определения прочности готовых изделий.

В практике распространен ультразвуковой импульсный метод контроля прочности изделий. Он основан на измерении скорости распространения ультразвука в бетоне  $V$ , которая зависит от динамического модуля упругости  $E_d$ , плотности бетона  $\rho$  и коэффициента Пуассона  $\mu$ .

$$V = \sqrt{E_d \div (\rho \cdot (1 - \mu^2))}$$

Значение коэффициента Пуассона ( $\mu$ ) составляет для бетона и железобетона около 0,15. Следовательно, измеряя  $v$ , можно вычислить  $E_d$ , а затем и прочность бетона ( $R_{28}$ ), имея зависимость “ $E_d$  —  $R_{28}$ ”.

В практике применяется более простой способ определения прочности с использованием ультразвука. Экспериментально установлено, что  $V$  существенно зависит от крупности заполнителя данного бетона. Строят

серию экспериментальных кривых  $R_{28} = f(V)$  для различных составов бетонов и крупности заполнителя, по которым, исходя из замеренной  $V$ , вычисляют прочность бетона готовых изделий  $R_{28}$ .

Обычно при контроле прочности вычисляют также коэффициент неоднородности прочности изделий :

$$K_n = R_{cp} - 3\sigma / R_{28},$$

где  $R_{cp}$  — средняя арифметическая прочность бетона на сжатие, определяемая при числе испытаний данной партии не менее 100;

$\sigma$  — среднеквадратичное отклонение, вычисляемое по формуле

$$\sigma = \sqrt{\sum (R_i - R_{cp})^2 / n - 1}$$

где  $R_i$  — измеренные прочности бетона;

$n$  — число измерений прочности в партии образцов.

Значение коэффициента неоднородности прочности изделий  $K$ , должно быть не ниже 0,75.

В целом система контроля включает органы, методы и средства контроля.

Прямая ответственность за качество изделий возложена на непосредственных исполнителей (рабочих, бригадиров, мастеров). При этом основное внимание должно быть уделено операционному контролю технологических процессов, поскольку только точным выполнением всех операций можно устранить дефекты с минимальными затратами труда и материалов. Основным документ операционного контроля - типовая схема операционного контроля, включающая:

эскиз конструкции изделия (конструкции) с указанием допускаемых отклонений;

перечень подлежащих контролю операций с указанием, какие из них проверяет мастер и какие ОТК;

состав контроля (что контролируют);

способ контроля (как и чем контролируют);

данные о случаях, когда необходимо привлекать для проведения контроля сотрудников строительных и центральных лабораторий.

Таким образом, контроль качества осуществляют ОТК, лаборатории, мастера и рабочие на своих рабочих местах.

*Склады готовой продукции.*

Склады готовой продукции предназначены для хранения изделий, прошедших технический контроль, до их отправки потребителям.

Складские площадки должны быть тщательно спланированы и уплотнены. На них устраивают плотное покрытие с уклоном 10-20 % для стока поверхностных вод.

Хранение готовых железобетонных изделий из тяжелых бетонов осуществляют на открытых площадках, обычно рядом с цехом пропаривания.

Изделия хранят по типоразмерам и назначению.

Короткие изделия укладывают в штабеля горизонтально с опиранием на деревянные инвентарные прокладки толщиной не менее 25 мм, а при наличии в изделии выступающих частей — не менее их высоты.

Каждый штабель должен иметь табличку с указанием количества и типоразмера изделий.

На складах готовой продукции применяют в качестве подъемно-транспортного оборудования мостовые, консольно-козловые, башенные самоходные краны и вилочные автопогрузчики.

Грузоподъемность кранов должна соответствовать наибольшей массе отпускаемых заводом изделий (с учетом коэффициента запаса).

На складах железобетонных изделий целесообразно применять автоматизированные грузозахватные устройства, что резко сокращает и делает безопасными эти операции. Снятие стропа вручную занимает до 20 мин, а при автоматизированных грузозахватах - 2 мин.

Между штабелями должны быть проходы шириной не менее 0,6 м. Проходы между штабелями в продольном направлении устраивают через два штабеля и не реже, чем через 25 м.

Проезды устраивают шириной в зависимости от вида применяемых транспортных средств и порядка их движения на складской территории.

Вместимость склада устанавливают по расчету, но, как правило, не менее 15-суточной выработки завода.

Отпуск изделий со склада производят по накладным, погрузку - с участием мастера или заведующего складом.

При выезде со склада должна быть отдельная охрана или совмещенная с общей охраной завода.

Доставка грузов потребителям осуществляется централизованно и на основании заключенных договоров и заявок.

#### *Охрана труда и противопожарные мероприятия на ЗЖБИ.*

На заводах и полигонах железобетонных конструкций следует соблюдать, кроме общих требований, специфические.

При смазке форм необходимо работать в рукавицах и защитных очках. Между штабелями следует оставлять разрывы шириной не менее 50 см, между группой штабелей — проходы не менее 1 м. Такое же расстояние должно отделять крайний штабель от габарита транспортных и погрузочных машин. Штабеля мелких изделий должны быть не выше 1,6 м, а крупных 3 м.

Краны, применяемые для погрузочно-разгрузочных работ, можно эксплуатировать только после соответствующей проверки и испытания.

Выполнять строповку грузов могут лишь рабочие (такелажники), прошедшие обучение, выдержавшие испытания и получившие удостоверение. Особое внимание нужно уделять состоянию подъемных приспособлений — тросов, петель, траверс, — периодически проверяя их прочность. Нельзя работать на сращенных или связанных тросах без коушей и зажимов. Предельный вес поднимаемого груза не должен превышать транспортной грузоподъемности крана. Нельзя стоять под поднимаемым

грузом. Чтобы устранить вредное воздействие виброоборудования на обслуживающий персонал, ограничивают амплитуду колебаний, изолируют вибромашины и переводят их на дистанционное управление. Безвредны колебания с предельным ускорением 10-40 мм/с<sup>2</sup> (для частот от 1 до 40 гц) при скорости колебаний 0,16-0,64 мм/с (для частот от 10 до 100 гц). Рабочие, обслуживающие вибрационные установки, должны иметь противовибрационные рукавицы и ботинки с утолщенной до 40 мм подошвой из мягкой резины.

Находящиеся под напряжением конструкции и формирующие установки ограждают деревянным или металлическим барьером. Во время электропрогрева никому не разрешается находиться в пределах огражденного участка. Персонал, обслуживающий установку по электропрогреву, проходит инструктаж по охране труда.

Рабочие, обслуживающие пропарочные камеры, должны работать в спецодежде — комбинезоне, рукавицах и головном уборе. Спуск и вход в камеры тепловлажной обработки до их остывания запрещается.

Заводы ЖБИ отличаются значительным выделением тепла и переувлажнением воздуха в производственных помещениях. Основным источником переувлажнения являются пропарочные камеры и автоклавы.

Поэтому для достижения улучшения работы и повышения безопасности обслуживания этих устройств применяют средства автоматического регулирования и полной автоматизации управления. Условия труда значительно улучшаются при устройстве приточно-вытяжной вентиляции, изоляции нагреваемых частей машин, тщательной герметизации камер, паропроводов. Во всех помещениях устраивают естественную или искусственную вентиляцию. Для защиты от перегрева рабочие должны иметь защитную одежду, обладающую повышенной воздухопроницаемостью.

Для борьбы с шумом применяют изолирующие кожуха. В больших цехах потолок и стены на 50 % облицовывают акустической (звукопоглощающей) штукатуркой, пористыми плитами, звукоизолируют машины от фундаментов. Индивидуальными средствами защиты от шума служат наушники, ушные заглушки (беруши), шлемы. Для защиты органов дыхания от токсичных газов и паров применяют противогазы и изолирующие дыхательные приборы — респираторы.

При размещении всех зданий и сооружений должны соблюдаться противопожарные разрывы во избежание переноса огня; должен быть обеспечен подъезд пожарной машины к любому объекту завода или полигона. Все пожароопасные цехи, склады и сооружения должны иметь необходимое оборудование, огнетушители, ящики с сухим песком и противопожарное оборудование - ведра, лопаты, багры, брезент и др.

На случай возникновения пожара должна быть разработана и доведена до сведения всех работающих схема эвакуации людей и техники. На этот же случай надо иметь запасные ворота.

## Раздел VII. ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ДОРОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

### Тема 7.1. Основные положения и средства автоматизации

Автоматизация дорожных производственных предприятий — основа прогресса в строительстве, ремонте и содержании дорог.

Внедрение средств автоматизации на производственных дорожных предприятиях позволяет:

- повышать производительность труда и качество продукции;
- снижать затраты труда, сырья, электроэнергии и в результате — уменьшать себестоимость продукции;
- улучшать культуру производства, охрану труда.

*Основные положения.*

Производственные предприятия могут обладать различным уровнем автоматизации, т.е. степенью их оснащённости средствами автоматизации для автоматического контроля и управления технологическими процессами.

Существуют следующие способы автоматизации:

- автоматический контроль качества исходных материалов для изготовления полуфабрикатов и готовых изделий;
- дистанционное управление технологическими процессами с использованием автоматической сигнализации, блокировки и защиты;
- комплексное автоматическое управление всем производственным предприятием (заводы-автоматы).

В зависимости от наличия средств автоматизации у того или иного процесса или всего предприятия в целом, различают следующие уровни их автоматизации: частичный, комплексный и полный.

При частичном уровне автоматизации средства автоматического контроля и управления внедрены только на отдельных операциях (автоматический контроль температуры, влажности, дистанционное управление и др.).

Как правило, частичную автоматизацию внедряют в наиболее трудоемких и дорогостоящих операциях, а также на участках с тяжелыми (вредными) условиями труда. Например, на АБЗ автоматизируют операции дозирования, подогрева и перемешивания вяжущих материалов. Многие предприятия в дорожной отрасли пока имеют частичный уровень автоматизации, что не позволяет существенно повысить производительность труда.

При комплексном уровне автоматизации все процессы автоматизированы до такой степени, что появляется возможность значительно повысить производительность труда. При этом участие человека сводится лишь к контролю за процессом. Комплексная автоматизация обеспечивает максимальную производительность оборудования, более полное его использование, интенсификацию производственных процессов, улучшение качества продукции при снижении себестоимости.

Внедрение комплексной автоматизации (по сравнению с частичной) требует более высоких затрат, однако соответственно возрастает и экономическая эффективность.

Комплексная автоматизация обычно внедряется при реконструкции производственных предприятий.

При полной автоматизации все операции автоматизированы (заводы-автоматы).

Автоматическое управление выполняется с помощью ЭВМ по заданной программе. По мере подачи сырья с различными физико-механическими свойствами, ЭВМ анализирует поступающую информацию (влажность, температуру, зерновой состав и др.) и корректирует процессы в соответствии с заданной программой. Оператор лишь наблюдает за исправностью машин и показаниями на табло.

Полная автоматизация в отличие от комплексной предусматривает и автоматизацию управления производством. При полной автоматизации можно выбрать оптимальный вариант, как отдельных процессов, так и всего производственного цикла предприятия.

Внедрение полной автоматизации требует наибольших затрат, но зато дает максимальный эффект (производительность, качество продукции).

Однако для обеспечения работы предприятия при полной автоматизации необходимы следующие условия:

достаточно высокая производительность труда;

постоянное качество сырья;

однотипность продукции;

непрерывность технологического процесса;

наличие методов и средств контроля качества.

Неполное выполнение этих требований усложняет внедрение автоматизации, увеличивает капиталовложения, создает определенные трудности в работе предприятия.

*Средства автоматизации.*

Автоматизация осуществляется с помощью группы приборов, основными из которых являются следующие:

датчики для измерения температуры, влажности, пластичности, прочности, гранулометрии и др.;

промежуточные элементы — аппаратура, усиливающая сигнал датчиков и передающая этот сигнал на программное устройство;

программное устройство — система, передающая параметры процесса в виде команд на исполнительные механизмы;

исполнительные механизмы;

контрольные приборы.

Ниже рассмотрены указанные приборы и устройства.

Датчики. Это приборы (чувствительные элементы), преобразующие параметры технологического процесса (температуру, влажность, массу,

скорость вращения лопастей мешалки и др.) в электрический сигнал, который передается на промежуточные элементы.

Датчики по принципу работы делятся на механические, тепловые, электрические, оптические, акустические и др.

Датчики по способу подачи сигнала могут иметь аналоговый или дискретный выход.

Аналоговые датчики фиксируют непрерывные процессы, а дискретные — только отдельные их стадии.

Датчики по масштабу измерения подразделяются на датчики прямого и компенсационного действия.

Датчики прямого измерения измеряют процессы в масштабе 1:1, т.е. фиксируемая величина и ее показания на датчике равны. При использовании датчиков компенсационного действия измерение дается в масштабе 1:2...1:10, что намного повышает точность измерений.

Датчики характеризуются верхним и нижним пределом измерений, Погрешностью, надежностью и экономичностью работы.

На дорожных производственных предприятиях наиболее распространены механические и тепловые датчики.

Механические датчики. Они используются для измерения: скорости движения лент транспортеров, элеваторов и других элементов непрерывного транспорта;

массы грузов;

геометрических характеристик грузов (высота, сечение), находящихся на ленте конвейера или транспортера;

уровня жидкости в емкостях (битума, битумной эмульсии, воды, горюче-смазочных материалов и др.);

количества сыпучих материалов в бункерах, штабелях, силосах;

положения в пространстве рабочих органов подъемно-транспортных машин.

Тепловые датчики. Используются для измерения:

температуры нагрева минеральных материалов (щебня, песка, гравия) и готовых смесей (полуфабрикатов);

температуры нагрева органических вяжущих, воды, эмульсий, топливно-смазочных материалов.

Программные устройства. Это приборы, которые применяются для обеспечения автоматического регулирования последовательности и продолжительности различных операций. Электрические элементы программных устройств настроены на выполнение задания программы в функции конкретных параметров процесса (они имеют различные датчики, реагирующие на изменение этих параметров).

Наиболее простым программным устройством является командный электропневматический прибор (КЭП), управляющий электрическими цепями. Он включает электродвигатель, редуктор и барабан с контактами,

задающими конкретную программу. Вращающийся барабан подает сигналы исполнительным механизмам.

Простейшую оптимизацию режима технологических процессов осуществляют с помощью приборов-оптимизаторов, которые отыскивают экстремальное значение параметра (максимума или минимума). Для оперативного анализа и более полной корректировки технологических операций применяют счетно-решающие устройства (так называемые бортовые ЭВМ). Эти машины оценивают изменение начальных условий, производят математические решения, выбирают оптимальный вариант и изменяют технологический процесс в заданном направлении.

Исполнительные механизмы. Принимают команды от программного устройства и непосредственно воздействуют на технологический процесс, приводя в действие затворы, дозаторы, транспортеры, питатели и др. через специальные механизмы (сервоприводы). Сервоприводы могут иметь электрический, механический, гидравлический или пневматический выходы.

Однако, если поступающее сырье периодически отличается физико-механическими свойствами (например, гранулометрический состав и влажность песка, поступающего из местных карьеров), то в этом случае задать заранее программу с оптимальным режимом затруднительно.

В этом случае необходимо, чтобы сигналы, поступающие от датчиков, быстро оценивались с помощью ЭВМ и соответствующие сигналы оперативно передавались на программное устройство, которое, в свою очередь, должно воздействовать на исполнительные механизмы.

Контрольные приборы. Предназначены для фиксации параметров технологического процесса, задаваемых программным устройством. При отклонении процесса от заданного режима контрольные приборы оперативно передают соответствующий сигнал на программные устройства.

Системы автоматического регулирования (САР) состоят из функциональных блоков, каждый из которых имеет входную ( $x$ ) и выходную ( $y$ ) физическую величину. Между этими величинами можно установить функциональную математическую связь  $y = f(x)$ , с помощью которой осуществляется оптимизация регулирования процессом.

На пульте управления перед оператором находится структурная схема (блок-схема), которая отражает связь между средствами автоматизации данного процесса. Такая схема наглядно поясняет последовательность работы основных узлов автоматизации, связь между блоками, последовательность протекания основных электрических процессов.

Структурная схема является основой для разработки детальных электрических, пневматических и гидравлических схем автоматического управления технологическими процессами на производственных предприятиях.

*Автоматизация основных технологических процессов дорожных производственных предприятий.*



Как правило, большинство построенных ранее производственных предприятий модернизируют при их реконструкции с учетом имеющихся средств и уровня техники, достигнутого к этому времени.

Тем не менее, преобладающая часть предприятий имеет дистанционное управление с дисплейным пультом управления и различными автоматизированными узлами. Как правило, на всех предприятиях существует частичная автоматизация: автоматический контроль, учет сырья и готовой продукции, сигнализация и блокировка. Постепенно такие предприятия со временем достигают уровня комплексной автоматизации.

В настоящее время существуют асфальтобетонные заводы-автоматы (Например, фирмы “Beninhofen”, Германия), на которых в смену работает 3-4 человека и все технологические операции, вплоть до расчетно-финансовых (за продажу отпущенной продукции), полностью автоматизированы.

На дорожных производственных предприятиях в значительной степени автоматизированы следующие основные операции:

- транспортно-складские;
- дозировочные;
- перемешивания компонентов;
- формования изделий;
- термовлажностной обработки.

Кроме этих операций в большинстве случаев автоматизированы вспомогательные операции на насосных, котельных, вентиляционных и компрессорных установках.

*Автоматизация транспортно-складских операций.*

Основная цель — автоматизировать операции разгрузки-погрузки материалов, обеспечить их транспортировку с помощью конвейеров и транспортеров.

С помощью средств автоматизации осуществляют:

автоматическое включение конвейера при поступлении на него материалов и выключение — при его отсутствии. Этим уменьшается расход энергии и увеличивается срок службы частей транспортеров;

обеспечение постоянного количества грузов на конвейере, поскольку из-за различной (переменной) влажности и крупности сыпучий материал поступает на ленту неравномерно. Поэтому автоматизация часто сводится к дистанционному управлению загрузкой конвейера;

постоянный контроль за исправной работой конвейера: в случае обрыва ленты предусмотрена его остановка.

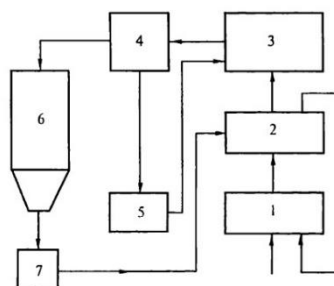
На современных заводах, имеющих сложное складское (силосно-бункерное) хозяйство, стремятся автоматизировать загрузку емкостей сыпучими (песок, минеральный порошок, щебень) или жидкими материалами (битум, битумная эмульсия) с таким расчетом, чтобы в бункерах (резервуарах) находилось строго определенное количество материала. При этом в бункерах установлены датчики уровней,

фиксирующие количество материалов. Принципиальная схема такой автоматизации показана на рис. 7.1.

Последовательность включения и продолжительность работы различных механизмов задается программным устройством 1. После узла анализа информации 2 команда подается в узел суммирования информации 3 и затем в виде окончательного выходного сигнала поступает на исполнительный механизм транспортера 4. Информация, поступающая из узла контроля 5, сопоставляется в суммирующем узле 3 с заданной программой и процесс корректируется. Тот же процесс корректировки может

вносится и в саму программу 1 на основе информации, поступившей из узла анализа информации 2.

Рис. 7.1. Структурная схема автоматизации загрузки бункеров:  
1 – программное устройство; 2 – узел анализа информации; 3 – узел суммирования информации; 4 – исполнительный механизм конвейера; 5 – узел контроля информации; 6 – бункер; 7 – датчик.



На АБЗ, ЦБЗ, карьерах и полигонах разрабатывают схемы автоматизации складов крупного заполнителя. По этой схеме склады песка, щебня, гравия соединяются транспортерами с бункерным отделением. Управляют механизмами с пульта. Подача материалов на транспортер осуществляется с помощью вибротечек. Оператор с пульта управления включает тот или иной транспортер для загрузки бункеров. Схема исключает одновременную подачу в бункера материалов различных фракций. Бункера загружаются до установленного уровня, после чего подача материалов автоматически прекращается.

Автоматизация складов цемента и минерального порошка сводится к автоматической загрузке емкостей до определенного уровня, исключающего обрушение, и к периодической перекачке с целью предотвращения слеживаемости материалов.

Аналогичная автоматизация применяется для заполнения и контроля уровней в резервуарах наземного хранения битумов и битумных эмульсий.

#### *Автоматизация дозирования материалов.*

На дорожных предприятиях применяют автоматические дозаторы порционного или непрерывного действия, обеспечивающие дозированную подачу сыпучих или жидких материалов. Распространено преимущественно автоматизированное весовое дозирование.

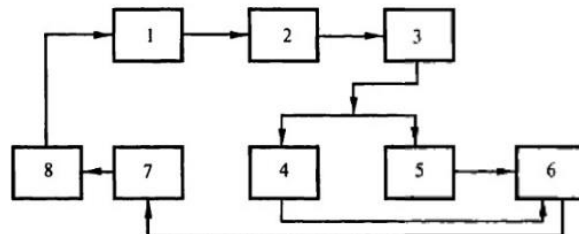
Промышленностью серийно выпускаются дозаторы различных марок для взвешивания цемента, песка, щебня, гравия, воды, водных растворов химических добавок.

Принцип работы дозаторов следующий. В процессе загрузки, когда порция материала достигла заданного веса, переключатели подают импульсы

на весовое коромысло дозатора. Вследствие замыкания контактов подается сигнал в систему автоматики. Если используется дистанционное управление, то применяют селекторные системы с электропневматическим управлением.

Продолжительность взвешивания составляет 60 с. Автоматическое управление весовыми дозаторами непрерывного действия осуществляется следующим образом (рис. 7.2).

Рис. 7.2. Структурная схема автоматизации непрерывного дозирования:  
 1 – питатель; 2 – приемное устройство; 3 – датчик;  
 4, 5 – регистрирующие приборы; 6 – интегратор;  
 7 – регулятор;  
 8 – исполнительный механизм.



Из питателя 1 сыпучие материалы поступают на приемное устройство 2 (весовой конвейер). При достижении заданного веса на ленте датчик 3 подает в сеть на регистрирующие приборы 4, 5 электрический сигнал. Суммарное количество материалов, находящихся на весовом конвейере, фиксирует интегратор 6 и затем регулятор 7 производит сопоставление задания по дозированию с фактическим весом проходящего материала. При отклонении количества материала от нормы регулятор 7 изменяет дозирование на весовой конвейер с помощью исполнительного механизма 8.

При подаче различных сыпучих материалов из штабелей в бункерное на: отделение АБЗ, ЦБЗ дозирование материалов на ленту транспортера может быть одновременным или раздельным.

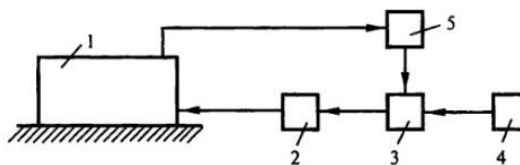
Весовое дозирование жидкостей (битум, эмульсия, вода, сульфитно-спиртовая барда, ПАВ) осуществляется по упрощенным схемам. Блок-схема имеет узлы: питатель жидкости, регулирующий расход материала; множительное устройство, которое оценивает количество прошедшего материала умножением показателей объема на величину плотности; два прибора — расходомер и плотномер; измерительную и регулирующую аппаратуру. Дозировать жидкости можно также с помощью насоса-дозатора.

#### *Автоматизация процессов перемешивания.*

Качество процессов перемешивания и его контроль — наиболее трудноразрешимая задача.

Действительно, автоматизировать перемешивание материалов по его «длительности» — не трудно. Однако в мешалку подаются материалы с неодинаковыми физико-механическими свойствами. Поэтому при одной и той же длительности перемешивания качество смесей будет различным. Отсюда главным принципом автоматизации процессов перемешивания смесей должна быть не строго контролируемая продолжительность перемешивания, а качество смеси (ее однородность).

Рис. 7.3. Структурная схема автоматического регулирования температуры:  
 1 – камера для теплоносителя;  
 2 – регулирующий клапан;  
 3 – привод;  
 4 – настраивающее устройство;  
 5 – температурный датчик.



### Автоматизация тепловых процессов.

Значительная часть технологических процессов на производственных предприятиях осуществляется при различных температурных и влажностных режимах.

С целью их строгой регламентации параметры температуры и влажности материалов контролируют на различных этапах нагрева. При этом контролируют параметры теплоносителя и количество потребляемой энергии с помощью различных средств автоматизации. Это обеспечивает минимальные затраты ресурсов и снижает себестоимость готовой продукции.

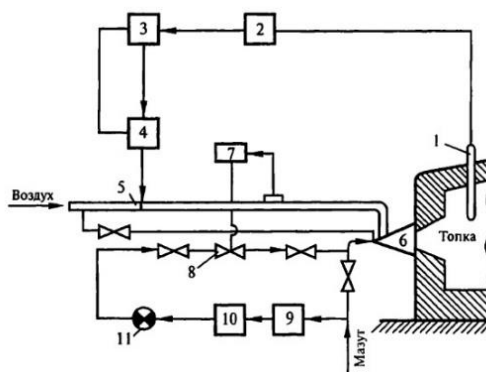
Дистанционное или автоматическое управление тепловыми и влажностными процессами осуществляется по сигналу температурных датчиков либо с помощью программного устройства.

Регулирование температуры объекта достигается количеством вводимого в камеру (барабан) пара, газа или другого теплоносителя.

На рис. 7.3 приведена структурная схема регулирования теплового режима в камере (барабане). Количество пара/газа или другого теплоносителя, подаваемого в камеру 1, регулируется клапаном 2 через привод 3, настраиваемый специальным устройством 4. Температуру в камере фиксирует датчик по температуре выходящих газов 5.

При работе плавильни органических вяжущих материалов на жидком топливе автоматическое управление тепловым процессом происходит следующим образом (рис. 7.4).

Рис. 7.4. Структурная схема автоматического регулирования теплового режима топки сушильного барабана при подаче жидкого топлива:  
 1 – температурный датчик;  
 2 – потенциометр;  
 3 – регулятор подачи воздуха;  
 4 – исполнительный механизм;  
 5 – заслонка; 6 – форсунка;  
 7 – мембрана; 8 – регулятор жидкого топлива; 9 – фильтр;  
 10 – регулятор топлива прямого действия; 11 – клапан.



Заданный тепловой режим поддерживают, регулируя подачу мазута (газа) и воздуха. Сигнал от температурного датчика 1 поступает на потенциометр 2 и далее на регулятор подачи воздуха 3. В зависимости от фактического отклонения температуры от заданного значения регулятор 3 дает команду на исполнительный механизм 4, который с помощью заслонки 5 дозирует подачу воздуха на форсунку 6. В том случае, если температура в

топке (сушильном барабане) падает ниже заданного уровня, то подача воздуха через заслонку 5 увеличивается. При этом давление воздуха передается на мембрану 7, которая, воздействуя на клапан регулятора жидкого топлива 8, увеличивает его расход.

Регулирование давления мазута в линии осуществляется через систему «фильтр 9 — регулятор подачи топлива прямого действия 10 — клапан 11».

На производственных предприятиях часто появляется потребность в подогреве жидкостей (битума, воды, мазута и др.). На рис. 7.5 приведена структурная схема автоматизации подогрева жидкостей паром.

Жидкость (вода, битум, эмульсия и др.) подается в емкость 1, куда по змеевику 2 поступает пар. С помощью датчика 3, измеряющего температуру выхода подогреваемой жидкости, подается сигнал. Величина сигнала увеличивается преобразователем 4. Далее по линии 5 сигнал подается на распределитель 6. Контролирует подогрев устройство (сигнализатор) 7, состоящее из приборов для подачи звукового 8, светового сигнала 9, видеотабло 10 и прибора, записывающего температуру 11.

Непосредственный контроль и регулирование температуры жидкости (удерживание в заданных пределах) производится регулирующим прибором 12 с помощью переключателя 13 и усилителя 14.

Регулирует подачу пара клапан 15 через исполнительный механизм 16. Контролирует работу клапана дистанционный указатель 17.

Соединение различных блок-схем, автоматически контролируемых параметров отдельных процессов, в единую систему позволяет создать комплексную автоматизацию производственного предприятия в целом.

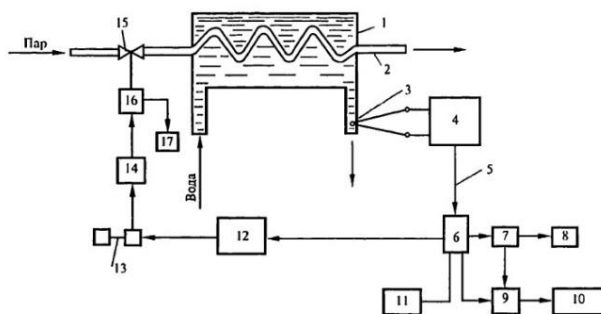


Рис. 7.5. Структурная схема автоматизации подогрева жидкостей паром:  
 1 — емкость; 2 — змеевик; 3 — датчик температуры; 4 — преобразователь сигнала температуры; 5 — линия движения сигнала; 6 — распределитель; 7 — устройство (сигнализатор); 8 — прибор для подачи звукового сигнала; 9 — прибор для подачи светового сигнала; 10 — видеотабло; 11 — прибор, записывающий температуру; 12 — регулирующий прибор; 13 — переключатель; 14 — усилитель; 15 — клапан пара; 16 — исполнительный механизм; 17 — дистанционный указатель работы клапана.

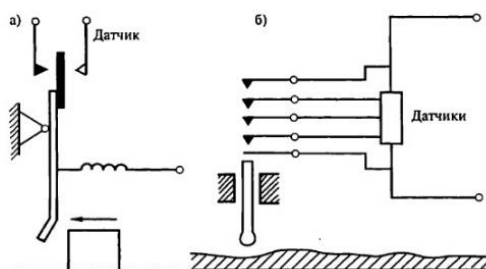
*Автоматизация учета загрузки материала на транспортных средствах и уровня материала в емкостях.*

Для непосредственного взвешивания груза применяются конвейерные весы. В них сигнал о мгновенном значении веса груза подается на вычислительное устройство, выполняющее операцию интегрирования.

Взвешивающие устройства конвейерных весов могут быть рычажного или тензометрического типа.

Загрузка ленты может также контролироваться путем измерения толщины слоя материала при помощи простейших контактных сигнализаторов, в которых механический воспринимающий элемент замыкает или размыкает контакты в зависимости от наличия материала или толщины его слоя (рис. 7.6)

Рис. 7.6. Контактные датчики, фиксирующие наличие груза или толщину слоя материала.  
а – контроль наличия материала на транспортере;  
б – контроль толщины слоя материала на транспортере.



*Контроль загрузки транспортных средств и уровня материала в емкостях.*

Асфальтобетонные и цементобетонные смеси вывозятся с заводов автотранспортом различных марок. Загрузка осуществляется автоматически. Прежде всего, должна быть определена марка машины или грузоподъемность вагона. При заезде порожней машины на платформу весовой установки по весу может быть определена марка машины, и на основании этой информации выдан сигнал на поступление определенного количества груза. После окончания загрузки машине разрешается выезд.

Количество машин разного типа регистрируется на соответствующих счетчиках. Схема установки для загрузки цементовозов приведена на рис. 7.7.

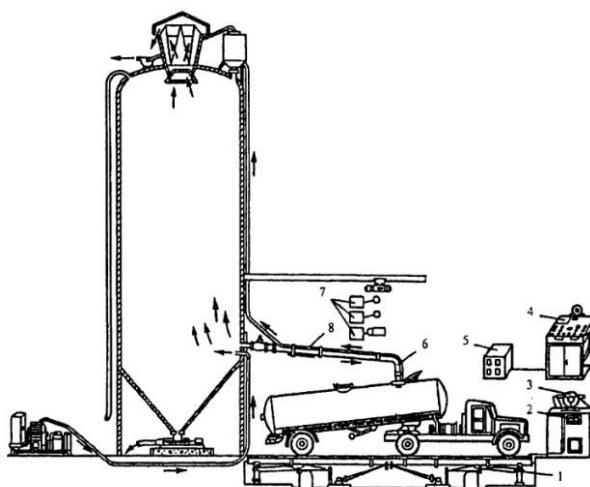
После заезда машины на платформу 1 шофер заводит хобот 8 в горловину машины. Эта операция выполняется дистанционно с выносного пульта 5, связанного с главным пультом управления 4. После установки хобота шофер включает пусковую кнопку. Все последующие операции выполняются автоматически.

Автоматическое устройство, регулирует работу весов. Стрелка указателя 3 поворачивается на определенный угол в зависимости от веса цементовоза. Вместе с ней поворачивается и подвижный диск указателя с установленными на нем датчиками. Угол поворота диска контролируется датчиками тарного веса, что и обеспечивает автоматическое определение типа цементовоза

Так как под нагрузку может быть подана по ошибке не полностью разгруженная машина, то, во избежание этого, устанавливаются датчики 7 контроля по высоте загрузочных люков. При соответствии высоты загрузочных люков и веса машины затвор 6 открывается и цемент поступает в машину. Стрелка весов по мере загрузки отклоняется до тех пор, пока не достигнет датчика, соответствующего полной загрузке машины данного типа. При срабатывании датчика затвор 6 автоматически закрывается,

выключается механизм подъема загрузочного хобота, арретируются весы, и светофор дает разрешение на выезд машины. Подается также импульс на счетчики загруженных машин данного типа.

Рис. 7.7. Схема установки для загрузки автоцементовозов.  
 1 – платформа;  
 2 – автоматическое устройство (арретир);  
 3 – указатель;  
 4 – главный пульт управления;  
 5 – выносной пульт управления;  
 6 – затвор;  
 7 – датчики контроля загрузочного люка;  
 8 – хобот.



Для загрузки автомашин используются автоматические весовые платформы, в которых вес машин регистрируется специальной электрической схемой. Для определения величины загрузки машин необходимо знать их марку. Это также осуществляется при помощи специальной схемы опознавания, с которой подается сигнал начала и конца загрузки.

#### *Измерение уровня материала в емкостях.*

Количество материала в емкостях определяется взвешиванием, одна, в ряде случаев необходимо знать также уровень заполнения емкости. Для этого используются датчики уровня. Для определения уровня жидкостей уже давно применяются поплавковые датчики. В датчиках дискретного типа, сигнализирующих лишь о достижении верхнего и нижнего уровня, при помощи поплавка могут замыкаться соответствующие контакты; в датчиках непрерывного действия поплавок связан с движком потенциометра либо с подвижным элементом индуктивного преобразователя.

Уровень жидкости может быть измерен также с помощью омических или емкостных преобразователей, помещаемых непосредственно в контролируемую среду (рис. 7.8 а, б, в). Если преобразователь из высокоомной проволоки опустить в резервуар, то при пустом резервуаре сопротивление его равно  $R_0$ . При наличии в резервуаре жидкости с более низким удельным сопротивлением часть преобразователя оказывается ею шунтированной (рис. 7.8 б), в результате чего сопротивление  $R_0$  уменьшается до некоторой величины  $R_m$ , определяемой уровнем жидкости. Для некоторого уровня  $L$  можем записать

$$R_e = R_0(1 - l/L) = R_0(1 - \lambda),$$

Где  $\lambda = l/L$  - степень заполнения резервуара.

Сопротивление преобразователя следует брать возможно большим. Во избежание электролитического эффекта преобразователь запитывается переменным током. Для емкостного преобразователя уровня (рис. 7.8 в) действительно соотношение

$$C=C_1+C_2=|\epsilon\zeta+(L-l)\zeta_0|2\pi/\ln(R_1/R_2)$$

Где  $\zeta$  - диэлектрическая проницаемость жидкости;

$\zeta_0$  - диэлектрическая проницаемость воздуха;

$R_1, R_2$  - радиусы внешнего и внутреннего цилиндров.

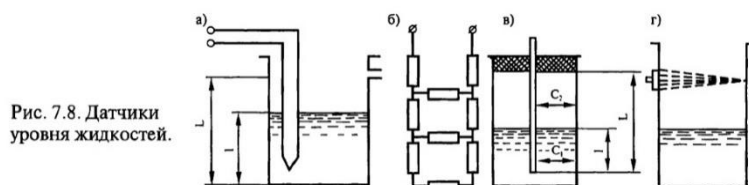


Рис. 7.8. Датчики уровня жидкостей.

При использовании проводящей жидкости электроды должны выполняться изолированными. Широко применяются также методы, основанные на изменении интенсивности или прерывании луча света или потока ультразвукового либо радиоактивного излучения при достижении заданного уровня (рис. 7.8 г)

Измерения уровня сыпучих и кусковых материалов намного сложнее, чем измерение уровня жидкости и часто сопряжено с большими техническими трудностями. Объясняется это рядом причин: наличием угла естественного откоса, вследствие чего поверхность среды не горизонтальна (угол наклона может составлять от 30 до 50° к горизонтали); возможным залипанием материала на стенках; резкими колебаниями свойств среды (за счет различных включений, кусков, при изменении влажности и пр.); возможны повреждения преобразователей при расположении их в емкости.

#### *Автоматизация работы дозаторов.*

Выбор типа дозаторов производится в соответствии с технологическими требованиями к их производительности и точности.

При проектировании технологической установки с дозаторами непрерывного действия необходимо решать следующие вопросы:

управление работой дозаторов;

управление другим технологическим оборудованием по сигналам дозаторов;

контроль работы дозаторов.

Для автоматизации работы дозаторов в различных условиях необходимо предусматривать:

сигнализацию состояния дозаторов в зависимости от уровня их производительности;

возможность дистанционного изменения производительности (программное изменение расхода материалов);



регистрацию времени работы дозаторов и количества отдозированных ими материалов (или количества циклов при порционном режиме);  
аварийное отключение (блокировку).

При возникновении недопустимых режимов работы дозатора, во избежание выхода из строя оборудования или выпуска брака производится автоматическое отключение, главным образом из соображений техники безопасности.

Существует несколько наиболее важных задач связи дозаторов с технологическими системами:

управление работой дозаторов по жесткой функциональной зависимости от характеристик дозируемого материала (влажность, крупность частиц и др.);

поддержание соотношения расходов компонентов;

оптимизация технологического процесса работы установок (смесителя, сушильного барабана, мельницы и др.) за счет регулирования работы дозаторов.

Некоторые возможные варианты рассмотрим ниже.

*Сушильный барабан.*

Сравнительно простым случаем является подача материала в сушильные барабаны. Исходя из оптимального теплового режима, необходимую интенсивность подачи определяют из уравнения

$$Q = \frac{100\theta}{(100-w)c_m\Delta T_m + w(c_{ж}\Delta T_{ж} + \lambda)}$$

где  $c_m, c_{ж}$  - теплоемкости жидкой и твердой фаз;

$Q$  - массовый расход материала;

$\theta$  - количество тепла, получаемое материалом;

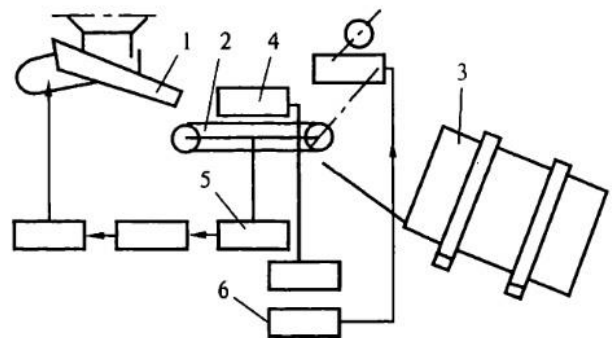
$\Delta T$  - разность температур материала до и после барабана;

$w$  - влажность материала;

$\lambda$  - теплота парообразования.

Рис. 7.10. Схема установки для подачи материалов в сушильные барабаны:

- 1 – вибропитатель;
- 2 – транспортер-массоизмеритель;
- 3 – сушильный барабан;
- 4 – датчик влажности;
- 5 – датчик массы;
- 6 – функциональный блок.



Как видно из приведенного уравнения, начальная влажность материала в значительной степени определяет возможную интенсивность подачи материала в сушильный барабан. В этом случае необходимы учет влажности и выработка сигнала, обеспечивающего интенсивность подачи материала.

Технологическая схема установки для подачи материала в сушильный барабан приведена на рис. 7.10.

Сигнал влажности подается на функциональный блок, где преобразуется в сигнал, пропорциональный требуемой производительности, который в блоке сравнения сопоставляется сигналом фактической производительности, получаемым от массоизмерителя. Разностный сигнал используется для управления работой питателя.

Несколько иная система необходима в случаях подачи материалов в шаровые мельницы. Известно, что имеются оптимальные условия загрузки шаровых мельниц, соответствующие наиболее эффективной их работе. Задачей дозирования является обеспечение оптимальной загрузки. Для этого на шаровой мельнице должны быть установлены первичные преобразователи, контролирующие степень загрузки, от которых сигнал и производная этого сигнала поступают в функциональный блок, где преобразуются по уравнению

$$U = k_1 P + k_2 \frac{dP}{dt}$$

где  $k_1, k_2$  – коэффициенты, определяемые экспериментально;

$P$  – масса материала в мельнице;

$k_1, k_2$ , – коэффициенты, определяемые экспериментально;

$U$  – выходное напряжение функционального блока; – время.

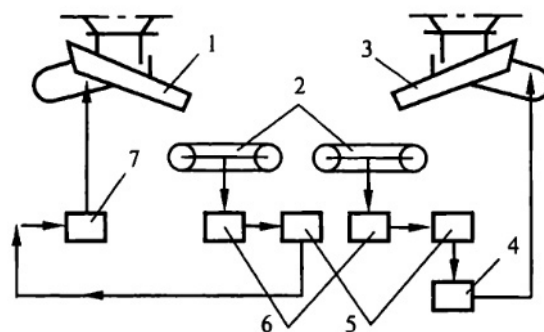
Сигнал на выходе функционального блока сравнивается с сигналом фактического расхода и на основе этого вырабатывается сигнал управления питателем.

#### *Топки котельных.*

При подаче топлива к топкам котлов расход топлива должен соответствовать заданным значениям мощности при этом обеспечивать получение требуемого количества пара с заданными параметрами.

Рис. 7.11. Схема дозирующей установки для обеспечения требуемого соотношения двух компонентов:

- 1 – питатель первого компонента;
- 2 – транспортер-массоизмеритель;
- 3 – питатель второго компонента;
- 4, 5, 6, 7 – блоки системы регулирования.



Расход топлива задается от внешних устройств. Контроль соответствия расхода топлива требуемым значениям выходных параметров котельной установки может осуществляться от преобразователей давления, температуры и расхода пара. Сигналы от этих приборов, преобразованные

соответствующим образом, сравниваются с сигналом фактического расхода топлива .

Регулирование соотношением компонентов смесей .

Распространенной задачей является поддержание соотношения расхода различных компонентов смесей. Для двух компонентов применима система, приведенная на рис. 7.11.

Наиболее распространены случаи на АБЗ и ЦБЗ, когда необходимо дозировать одновременно несколько компонентов. Так, например, при непрерывном приготовлении бетона необходимо дозировать две-три фракции заполнителей, цемент, воду и химические добавки. В этом случае технологические требования описываются следующими уравнениями:

$$P_1 = P_1 \frac{100 + w_1}{100}$$

$$P_2 = P_2 \frac{100 + w_2}{100}$$

$$P_n = P_n \frac{100 + w_n}{100}$$

$$P_{ц} = ц \cdot n$$

$$P_{в} = P_{в} - \left( P_1 \frac{w_1}{100} + P_2 \frac{w_2}{100} + \dots + P_n \frac{w_n}{100} \right)$$

где  $P_1, P_2, \dots, P_n, P_{в}, P_{ц}$  - фактическая масса заполнителей 1, 2... n-фракций; масса цемента и воды соответственно

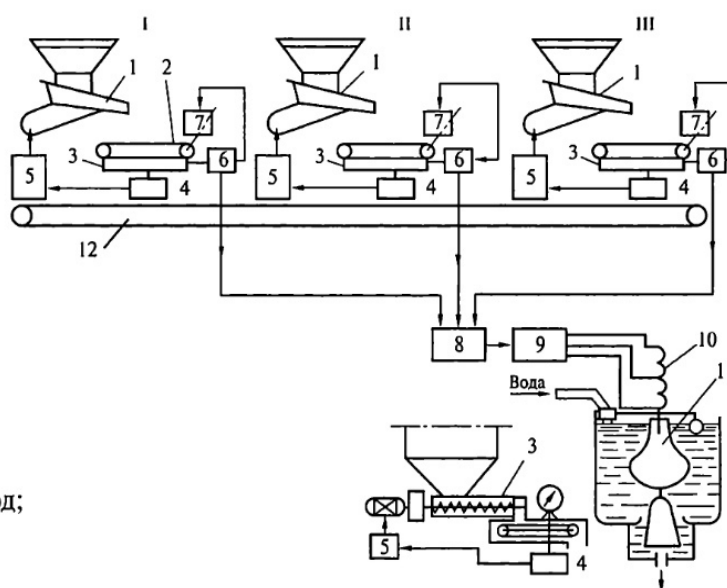
$P_{1пр}, P_{2пр}, \dots, P_{nпр}, P_{впр}, P_{цпр}$  - проектные массы цемента и воды соответственно;

$w_1, w_2, \dots, w_n$  - влажность заполнителей 1, 2...n фракций .

Дозирующая система для производства бетона дана на рис. 7.12.

Рис. 7.12. Схема установки для дозирования компонентов бетонной смеси:

- I, II, III – заполнители разных фракций;
- 1 – вибропитатель;
- 2 – транспортер-массоизмеритель;
- 3 – шнековый питатель;
- 4 – преобразователь;
- 5 – усилитель; 6 – датчики влажности заполнителей;
- 7 – регулируемый привод, управляющий работой транспортера 2; 8 – сумматор;
- 9 – усилитель; 10 – сервопривод;
- 11 – дозатор воды;
- 12 – транспортная лента к смесителю.



На дозаторах заполнителей, кроме контроля массы, необходим контроль влажности. Сигнал влажности должен корректировать величину расхода дозируемого материала с обеспечением его постоянства в пересчете на сухую

массу. Кроме того, сигналы влажности умножаются на коэффициенты пропорциональные расходу данного компонента, и суммируются.

Такое использование дозаторов непрерывного действия целесообразно как в промежуточных операциях, так и в завершающих, поскольку они в ряде случаев могут дать более высокую точность, чем существующие порционные. Кроме того, дозаторы непрерывного действия имеют лучшие характеристики по массе, габаритам, диапазону производительности.

*Завод-автомат(ЦБЗ).*

На рис. 7.13 показан общий вид ЦБЗ-автомата. Такой завод работает следующим образом.

Автомобиль-самосвал заезжает на весовую платформу 1, на которой при помощи автоматической системы определяется его масса-брутто (конечная операция) с распечаткой в паспорте смеси.

Технологический цикл приготовления бетонной смеси состоит в следующем. Задается команда на дозирование компонентов бетонной смеси определенного состава через специальный коммутатор 2 в кабине оператора, где располагается пульт управления заводом 3. Команда на дозирование поступает в командоэлектрический прибор (КЭП) 4, который непосредственно управляет дозаторами компонентов (воды 5, заполнителей 6, цемента 7), поступающих из бункеров 8. Далее отвешенные компоненты загружаются через приемную воронку 9 в бетоносмеситель непрерывного действия 10, от куда готовая смесь поступает в накопительный бункер 11 и из него – в автомобиль-самосвал. После загрузки автомобиля система автоматического управления отключает дозаторы и работа прекращается. Бетонный завод оснащен вертикальными вибротранспортерами, в которых заполнители песка и щебня в зимнее время подогреваются.

*Основные положения проектирования автоматизации дорожных производственных предприятий.*

Вопросы автоматизации приходится решать для вновь проектируемых и реконструируемых дорожных предприятий.

Автоматизацию вновь проектируемых предприятий осуществляют конструкторские бюро заводов-изготовителей технологического оборудования. В большинстве случаев основное оборудование АБЗ, ЦБЗ передвижных притрассовых карьеров сейчас поставляется комплексно и большая часть процессов таких заводов или все они автоматизированы.

Автоматизация существующих предприятий производится в процессе их модернизации в объеме, обусловленном средствами, выделяемым на автоматизацию. Предварительно составляют технико-экономический анализ работы завода - выявляют наиболее трудоемкие и дорогостоящие процессы, модернизация которых позволит повысить производительность труда и снизить себестоимость продукции. При этом основная задача заключается в том, чтобы получить максимальный эффект при минимальных затратах ресурсов.

В обоих случаях на первом этапе детально анализируют весь технологический процесс, составляют количественные и качественные схемы работы предприятия, производят хронометраж всех операций и устанавливают продолжительность циклов. Одновременно осуществляют экономический анализ работы предприятия по калькуляции себестоимости продукции.

На основе полученных данных составляют техническое задание на автоматизацию предприятия. Техническое задание является основой для детального проектирования всей системы автоматизации предприятия. Для снижения затрат целесообразно использовать известные схемы автоматизации действующих аналогичных предприятий с учетом особенностей проектируемых технологических процессов.

Обычно автоматизацию дорожных предприятий проектируют в одну стадию и тогда разрабатывают следующую документацию:

структурные схемы автоматизации;

схемы автоматизации;

схемы энергопитания;

монтажные схемы;

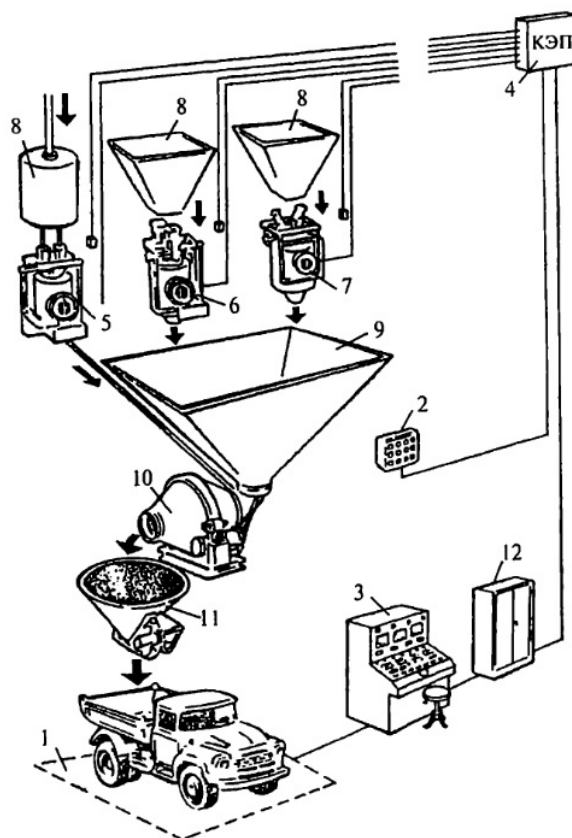
Пояснительную записку;

калькуляции и сметы;

расчет экономической эффективности от внедрения автоматизации на производственном предприятии.

Рис. 7.13. Схема завода-автомата (ЦБЗ):

- 1 – весовая площадка для транспортных средств;
- 2 – задатчик состава смеси (коммутатор);
- 3 – пульт управления в кабине оператора;
- 4 – командоэлектрический прибор (КЭП);
- 5 – дозатор воды;
- 6 – дозатор заполнителей;
- 7 – дозатор цемента;
- 8 – бункера компонентов смеси;
- 9 – приемная воронка;
- 10 – бетоносмеситель;
- 11 – накопительный бункер;
- 12 – шкаф аппаратуры управления.



## Раздел VIII. ЭКОНОМИКА ДОРОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

### Тема 8.1. Основные положения по экономике производственных предприятий

*Технико-экономические показатели работы дорожных производственных предприятий.*

При проектировании, строительстве, реконструкции и организации работы дорожных производственных предприятий важное значение приобретает технико-экономическая оценка (ТЭО) их будущей производственно-хозяйственной деятельности.

Хозяйственная деятельность производственных предприятий оценивается системой основных и дополнительных технико-экономических показателей (ТЭП). Номенклатура, тип зданий и сооружений на производственных предприятиях в значительной мере зависят:

от вида самих предприятий;  
режима их работы (сезонный или круглогодичный)  
подчиненности (на самостоятельном балансе или подчинение в составе ДСТ, ДСУ, ДРСУ).

Но основные ТЭП являются едиными и могут быть приняты в соответствии с типовыми проектами, технологическими картами по выпуску основной продукции и местными условиями.

К основным ТЭП относятся:

сметная стоимость (капитальные вложения в строительство);  
годовой выпуск продукции (в натуральном и стоимостном выражении);  
себестоимость единицы продукции;  
производительность труда;  
стоимость основных производственных фондов и оборотных средств;  
прибыль;  
рентабельность;  
срок окупаемости капитальных вложений.

К дополнительным ТЭП относятся: 1) уровень механизации; 2) уровень комплексной механизации и автоматизации; 3) трудоемкость приготовления т смеси (например, в чел.-ч) и 4) энергоемкость (кВт-ч/т).

*Сметная стоимость строительства.*

Сметная стоимость строительства может быть определена двумя способами:

путем составления локальных смет по видам работ и сводного сметно-финансового расчета по главам и частям в установленной форме;

по укрупненным показателям.

Сметная стоимость строительно-монтажных работ (СМР) – полная стоимость по отдельным локальным сметам, состоящая из прямых затрат, накладных расходов и плановых накоплений.

К Прямым затратам относят затраты на заработную плату, эксплуатацию машин и механизмов и материальные ресурсы, полуфабрикаты и детали в виде:

$$ПЗ=ОЗ+ЭМ+М,$$

Где ОЗ – основная заработная плата рабочих;

ЭМ – стоимость эксплуатации машин;

М – стоимость материальных ресурсов с учетом транспортных расходов, определяемых по соответствующим сборникам ресурсно-сметных норм.

Сметная стоимость СМР определяется по зависимости

$$СМР = ПЗ + НР + ПН,$$

Где НР – накладные расходы;

ПН – плановые накопления.

К накладным расходам относят затраты, связанные с организацией строительства предприятий – оплата труда ИТР, расходы на возведение временных зданий и объектов подсобного хозяйства для обслуживания строительства; административно-хозяйственные нужды, включая связь, охрану и др. Накладные расходы исчисляются в размере 64,6 от суммы (ОЗ + ЭМ) в составе локальных смет.

Плановые накопления – сметная норма прибыли порядковых строительных организаций, которые исчисляются в размере 81,8% от суммы (ОЗ + ЭМ) в составе локальных смет.

Для определения сметной стоимости строительства объекта (СССО) по установленным формам составляются (на основании локальных смет) сводные сметно-финансовые расчеты по следующим статьям затрат в разрезе частей и глав.

#### Часть I

Глава 1.Подготовка территории строительства.

Глава 2.Объекты основного производственного назначения.

Глава 3.Объекты подсобного производственного назначения.

Глава 4.Объекты энергетического хозяйства.

Глава 5.Объекты транспортного хозяйства и связи.

Глава 6.Внешние сети и сооружения водоснабжения, канализации, теплофиксации и газификации.

Глава 7.Благоустройство промышленной площадки.

Глава 8.Временные здания и сооружения.

Глава 9.Прочие работы и затраты.

#### Часть II

Глава 10.Содержание дирекции строящего предприятия.

Глава 11.Подготовка эксплуатационных кадров.

Глава 12.Проектно-изыскательские работы и авторский надзор.

### *Себестоимость выпускаемой продукции.*

Себестоимость единицы выпускаемой продукции – один из основных экономических показателей работы предприятий, например, на АБЗ-1т смеси, в карьерах – 1 м<sup>3</sup> щебня и гравия.

Себестоимость является комплексным показателем, который всесторонне характеризует деятельность производственных предприятий и в значительной мере определяет их рентабельность.

Себестоимость складывается из прямых затрат и накладных расходов. Себестоимость единицы продукции рассчитывается по стандартной форме.

Калькуляция транспортных расходов составляется по видам материалов, транспортных средств, классов грузов, тарифных схем и видам отпускных цен франко.

Стоимость материалов в общем случае складывается из отпускной цены, определяемой по прейскурантам цен.

Снижение себестоимости – основная задача деятельности дорожных производственных предприятий – должно осуществляться путем рационального использования материальных, трудовых и финансовых ресурсов, соблюдения строжайшей экономии.

Анализ показывает, что около 75-85% затрат приходится на сырье и материалы, 8-12% на эксплуатацию машин и остальные затраты – на оплату труда. Поэтому при изыскании путей снижения себестоимости большое влияние уделяют замене дорогостоящих привозных материалов более дешевыми местными, при условии сохранения заданных физико-механических свойств выпускаемой продукции.

### *Рентабельность работы предприятий.*

Рентабельность – обобщающий экономический показатель, характеризующий размер превышения доходов предприятий над расходами за месяц, квартал, год.

Сумма прибыли П за определенный период года

$$П = Д - С,$$

Где Д – доходы от реализации продукции в отпускных ценах;

С – полученная себестоимость реализованной продукции;

Если величина П имеет отрицательное значение – предприятие работает нерентабельно.

Уровень рентабельности (У) рассчитывается, как правило, в долях единицы или в процентах по зависимости:

$$У = \frac{Д-С}{С}$$

Повышение уровня рентабельности является основным экономическим законом хозяйственной деятельности дорожных производственных предприятий и достигается преимущественно снижением себестоимости продукции или увеличением объема продаж.

### *Производительность труда.*



Производительность труда является основным показателем работы дорожных производственных предприятий и оценивается выработкой, трудоемкостью или процентом выполнения норм.

Выработка наиболее наглядно характеризует производительность труда. Она определяется натуральными показателями или в денежном выражении на одного работника предприятия (с учетом ИТР и служащих) за час, смену, месяц, квартал или год. Показатель выработки определяется по формуле:

$$B = \frac{V(C)}{\sum N_p}$$

где  $V(C)$  - объем выпускаемой продукции в натуральных единицах (т, м<sup>3</sup>, л и т.д.) или ее стоимости в денежном выражении (руб.);

$\sum N_p$  - среднесписочное количество работающих на заводе.

Другой показатель производительности труда - трудоемкость, характеризует затраты рабочего времени в человеко-часах или человеко-сменах на единицу выпускаемой продукции. Определяется по зависимости:

$$T_n = \frac{\Sigma}{V} \text{ чел-см,}$$

где - общее количество человеко-смен, затраченное на весь объем выпускаемой продукции ( $V$ ).

*Штаты производственных предприятий дорожной отрасли.*

Численность работающих на предприятиях дорожной отрасли формируется из штатного расписания административно-управленческого персонала и штатов рабочих.

Штатное расписание административно-управленческого персонала включает инженерно-технических работников (ИТР), служащих, младший обслуживающий персонал (МОП) и прочих. Количество (численность) вышеназванных категорий определяют расчетом по установленным нормативам с учетом организационных особенностей выполняемых работ. Плановая потребность административно-управленческого персонала устанавливается в соответствии с типовыми структурами и штатами, утвержденными Советом Министров, отраслевыми министерствами и ведомствами.

Численность рабочих устанавливается исходя из планируемых объемов выпускаемой продукции на основе плановых норм затрат труда на единицу продукции. Численность рабочих в значительной мере зависит от количества единиц основного и вспомогательного оборудования, его автоматизации, коэффициента сменности и т.д.

*Стоимость основных производственных фондов и оборотных средств.*

Стоимость основных производственных фондов (ОПФ) предприятий дорожного строительства может быть определена прямым суммированием по остаточной стоимости по пяти основным группам:

I- производственные здания и сооружения;

II - рабочие машины и механизмы;

III - силовое оборудование (электрические станции и подстанции, компрессоры, преобразователи, котельное оборудование и др.);

IV - ценный инвентарь и мотоинструмент ;

V - транспортные средства (включая внутривозвездской транспорт, внешние и внутренние инженерные сети).

При отсутствии достаточных данных для реализации вышеприведенной методики расчет стоимости ОПФ может быть выполнен по методике МТУ (бывший МАДИ) и ГипродорНИИ по зависимости:

$$\text{ОПФ} = \frac{80}{N} + K \text{ руб т,}$$

где N - производственная мощность, тыс. т (мЗ)/год;

K - коэффициент, учитывающий транспортную составляющую в стоимости единицы продукции, в среднем равный, на триммер, для асфальта-бетонных смесей.

Стоимость оборотных средств (ОС) определяется суммированием стоимости максимального запаса материалов, подлежащих хранению на предприятии, горюче-смазочных и сопутствующих материалов, а также малоценного инвентаря, инструмента и спецодежды.

*Определение экономической эффективности работы производственных предприятий дорожной отрасли.*

К отличительным особенностям производственных предприятий дорожной отрасли относятся: массовость, непрерывность и поточность производства дорожно-строительных материалов; автоматизация основных технологических процессов; многотоннажность сырья и готовой продукции, обуславливающая высокую транспортную емкость; наличие сложных тепловых и энергоемких процессов; использование сложных технологических агрегатов, аппаратов и машин, что определяет высокую ремонтную емкость производства; наличие в отдельных случаях собственной горнодобывающей базы.

В связи с этим оценивать экономическую эффективность работы производственных предприятий дорожной отрасли, независимо от степени их самостоятельности (находится предприятие на балансе дорожно-строительной организации или нет), следует по типовой методике, включающей четыре группы показателей эффективности производства:

- использование труда;
- использование основных фондов;
- использование оборотных средств и капитальных вложений;
- использование материальных затрат (включая транспортные и заготовительно-складские расходы)

*Обобщающие показатели.*

Эффективность использования труда оценивается, прежде всего, с помощью темпов роста производительности труда, причем при планировании показателей по труду важно устанавливать правильное опережение темпов роста производительности труда над темпами роста заработной платы.

Одним из важнейших показателей эффективности работы производственных предприятий является фондоотдача, общенно

характеризующая уровень эффективности использования основных (или основных и оборотных) промышленно-производственных фондов предприятия. Показатель фондоотдачи определяется путем деления годового объема реализованной продукции в денежном выражении ( $V$ ) к среднегодовой, полной балансовой стоимости ОПФ в виде:

$$\Phi_0 = \frac{V_{\text{с.г.}}}{\text{ОПФ}_{\text{с.г.}}} \quad \text{руб/руб}$$

Оборачиваемость оборотных средств принято характеризовать коэффициентом оборачиваемости, рассчитываемый как отношение годового объема продукции к среднегодовой стоимости нормируемых оборотных средств (ОС)

$$K_0 = \frac{V_{\text{с.г.}}}{\text{ОС}_{\text{с.г.}}}$$

Дополнительно определяется длительность одного оборота оборотных средств ( $D_0$ ) в днях по следующей зависимости:

$$D_0 = \frac{360}{K_0}$$

При сопоставлении нескольких вариантов хозяйственных и технических решений по развитию и функционированию базы дорожного строительства, размещению производственных предприятий, строительству новых и реконструкции действующих предприятий, а также при выборе взаимозаменяемых видов дорожно-строительных материалов (ДСМ) следует использовать показатели сравнительной экономической эффективности - минимум приведенных материальных затрат, коэффициент экономической эффективности и срок окупаемости.

Выбор площадок того или иного расположения АБЗ, ЦБЗ, полигона или других предприятий обосновывают технико-экономическим расчетом, исходя из ряда соображений.

Стоимость продукции предприятия  $C$  равна стоимости материалов франко-предприятия  $C_m$ , стоимости переработки материалов и приготовления полуфабриката  $C_{\text{пф}}$  и стоимости транспортных расходов  $C_t$

$$C = C_m + C_{\text{пф}} + C_t$$

Стоимость материалов франко-предприятия определяют по калькуляциям стоимости материалов. Стоимость переработки материалов и приготовления полуфабрикатов состоит из единовременных затрат  $C_e$ , и затрат на переработку продукции  $C_n$

Величину единовременных затрат в данном случае рассчитывают по формул

$$C_t = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_4}{V}$$

где  $C_1$  - затраты на монтаж оборудования, руб.;

$C_2$  - затраты на передислокацию предприятия, руб.;

$C_3$  - затраты на строительство временных зданий и сооружений, руб.;

$C_4$  - затраты на аренду участка, руб.;

$V$  - суммарный объем продукции, выпускаемый предприятием за период дислокации в данном месте.

Основными составляющими единовременных затрат являются расходы на передислокацию и монтаж оборудования. Величину затрат  $C_{н.ф.}$  определяют расчетом.

Суммарный объем продукции, вырабатываемой предприятием на одном месте, зависит от протяженности участка дороги, который обслуживает предприятие. При увеличении длины участка возрастают дальность транспортировки продукции и транспортные затраты, но уменьшаются единовременные расходы, отнесенные к единице продукции. Оптимальную длину участка дороги, который может обслуживаться од-ним предприятием, определяют по формуле

$$L = 2\mu \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{P}}$$

где  $P$  - потребность в полуфабрикатах данного предприятия на 1 км дороги;

$\mu$  - транспортный коэффициент, величину которого вычисляют по формуле

$$\mu = \sqrt{\frac{TK_B qV}{2(A + BTK_B V)}}$$

Здесь  $T$  - продолжительность смены, ч;

$K_B$  - коэффициент использования смены для автомобилей;

$q$  - грузоподъемность автомобилей,;

$V$  средняя скорость доставки полуфабрикатов данного предприятия автомобильным транспортом на трассу, км/ч;

$A, B$  - коэффициенты, зависящие от себестоимости машино-смены автомобиля. Значение коэффициента для наиболее распространенных автомобилей-самосвалов зависит от их грузоподъемности.

Затем подсчитывают единовременные затраты.

Транспортные расходы могут быть определены по приближенной формуле

$$C_m = C_n + P_t \frac{2l^2 + L^2 + 2Ll}{2}$$

где  $C_n$  - стоимость погрузочно-разгрузочных работ для 1 т материала;

$t$  - тариф стоимости ткм перевозки груза с производственного предприятия на трассу;

$l$  - средняя дальность перевозок, км.

Суммарная стоимость продукции предприятия на месте укладки с учетом приведенных выше зависимостей определяется выражением

$$C = C_b + C_{н.ф.} + Pt \frac{2l^2 + L^2 - 2Ll}{2}$$

Сравнивая значения  $C$  по вариантам, определяют оптимальное место размещения завода.

Чтобы повысить эффективность работы производственных предприятий, систематически модернизируют оборудование и машины, внедряют комплексную механизацию и автоматизацию. Для оценки экономической эффективности внедренных мероприятий (новой техники) производят экономический расчет.

Экономический эффект от внедрения новой техники (сумму экономии за год) вычисляют по формуле

$$\mathcal{E} = [(C_1 + EK_1) - (C_2 + EK_2)]V$$

где  $C_1, C_2$  - себестоимость единицы продукции до и после внедрения новой техники;

$K_1, K_2$ , - удельные капиталовложения до и после внедрения новой техники;

$V$  - годовой объем продукции;

$E$  - нормативный коэффициент экономической эффективности капиталовложений, определяемый из зависимости  $E$

$$E = \frac{1}{T_0}$$

Здесь  $T_0$  - срок окупаемости, характеризующий, за сколько лет дополнительные капиталовложения на новую технику окупятся вследствие снижения себестоимости продукции.

Чем меньше  $T_0$ , тем эффективнее используются капиталовложения. Максимальные значения принимаются равными трем годам при модернизации оборудования и шести годам при внедрении новых машин и оборудования.

В настоящее время определение экономической эффективности новой техники производится по специальной методике, предполагающей следующую последовательность расчетов:

расчет годового экономического эффекта от применения новых технологических способов производства дорожно-строительных материалов, механизации и автоматизации производства, энергосбережения, способов организации производства труда;

расчет годового экономического эффекта от производства всех видов дорожно-строительных материалов или материалов повышенного качества;

расчет планируемого (или фактического) прироста прибыли от производства новых дорожно-строительных материалов;

расчет планируемого (или фактического) снижения себестоимости от внедрения новых технологий;

расчет планируемого или (фактического) снижения численности промышленно-производственного персонала на участках внедрения новой смесительной, дробильно-сортировочной и другой техники на производственных предприятиях;

расчет планируемой экономии капитальных вложений в производственную базу;

расчет планируемого (или фактического) снижения материальных затрат в результате внедрения новой техники на предприятиях дорожной отрасли.

В заключение следует привести примерный перечень технико-экономических показателей для объектов производственного назначения и инженерной инфраструктуры. После соответствующих расчетов по общепринятым методикам приведенный перечень показателей может служить основной при проведении тендерных торгов при выборе генеральных подрядчиков на новое строительство и реконструкцию объектов производственной базы дорожного строительства, а также при сравнительной оценке вариантов решений в курсовом и дипломном проектировании на уровне проектов организации строительства.

Наименование показателя	Формула расчета
1. Темпы роста производительности труда	$T_p = ПТП : ПТБ$
2. Доля прироста выпуска продукции за счет роста производительности труда	$Q = 100 \left( 1 - \frac{d-1}{b-1} \right)$
3. Экономия живого труда	$ЭТ = Чп - Чв$
4. Фондоотдача	$Ф0 = Вф / ОПФС.Г.$
5. Оборачиваемость оборотных средств	$К0 = \frac{Вф}{ОС.г.}$
6. Отношение прироста продукции к приросту капитальных вложений	$КП = \frac{\Delta П}{\Delta К}$
7. Срок окупаемости капитальных вложений	$T = \frac{K_0}{\Delta П}$ Или $T = K_0 \pm \frac{K_{об}}{C_1 + C_2}$
8. Относительная экономия: нормативных оборотных средств основных производственных фондов материальных затрат фонда оплаты труда	$Эоб = Ов * в - ОП$ $Эф = Фоб * в - ФОП$ $Эм = Мв * в - МП$ $Эз = Зб * в - ЗП$
9. Общая рентабельность	$P0 = \frac{\Pi}{\Phi_0 + O_H}$

Обозначения, принятые в таблице:

1.Производительность труда	ПТП – в текущем (плановом) году ; ПТБ – в базисном году
2.Численность	ЧП – в текущем (плановом) году; ЧБ – в базисном году
3.Прибыль	П – общая балансовая от промышленной деятельности; ΔП - прирост
4.Капитальные вложения	Ко – в основные производственные фонды; ΔК – прирост; Коб – в оборотные средства
5.Себестоимость продукции	С1 – до внедрения мероприятия; С2 – после внедрения
6.Оборотные средства	ОН – нормируемые; Об – в базисном периоде (году); ОП – в текущем плановом году; ОСС.Г. – среднегодовая стоимость
7.Основные фонды	Фоб – в базисном году; ФОП – в текущем (плановом) году; ОПФС.Г. – среднегодовая стоимость
8.Фонд оплаты труда	Зб – в базисном году; ЗП – в текущем (плановом) году
9.Материальные затраты	Мб – в базисном году; МП – в текущем плановом году
10.Индекс роста (в и d)	в – объемы производства; в = ВП/Вб; d – численность работающих; d=ЧП/Чб

Наименование показателей	Единица измерения
1.Мощность предприятия, годовой выпуск продукции: в стоимости выражения в натуральных единицах	Млн.руб. соотв.единицы
2.Общая площадь участка	га
3.Коэффициент застройки	коэффициент
4.Удельный расход на единицу мощности: электроэнергии воды природного газа мазута,угля пара, сжатого воздуха	Квт МЗ Тыс.мЗ Т Ккал,мЗ
5.Общая численность работающих	Чел
6.Годовой выпуск продукции на работающего В стоимости выражения В натуральных единицах	Тыс.руб./чел. Ед./чел.
7.Общая стоимость строительства	Млн.руб.
8.Удельные капитальные вложения	Руб./ед.мощн
9.Продолжительность строительства	Лет
10.Стоимость основных производственных фондов	Млн.руб.
11.Стоимость оборотных средств	Млн.руб.
12.Себестоимость продукции	Тыс.руб./ед.
13.Балансовая (валовая) прибыль	Тыс.руб.
14. Чистая прибыль	Тыс.руб
15.Уровень рентабельности производства	%
16.Внутренняя норма доходности	%
17.Срок окупаемости	Лет
18.Срок погашения кредита и других заемных средств	лет



## ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### Перечень практических работ

1. Практическая работа №1. Технико-экономическая оценка месторождений горных пород.

2. Практическая работа №2. Технологические расчеты работы битумных баз и битумного хозяйства на асфальтобетонных заводах.

3. Практическая работа №3. Расчет годового фонда рабочего времени асфальтобетонного завода. Выбор основного и вспомогательного оборудования.

4. Практическая работа №4. Расчет необходимых энергоресурсов для работы асфальтобетонного завода.

5. Практическая работа №5. Расчет бетоносмесительного цеха. Статистический контроль прочности бетона.

6. Практическая работа №6. Расчет складского хозяйства и внутризаводского транспорта АБЗ и ЦБЗ.

7. Практическая работа №7. Технологические расчеты тепловой обработки бетона.

8. Практическая работа №8. Расчет основных технико-экономических показателей работы производственных предприятий.

## Практическая работа №1.

### *Технико-экономическая оценка месторождений горных пород.*

Для каждого месторождения предварительно определяют технико-экономическую целесообразность организации карьера в данном месте. При этом учитывают следующие факторы:

- возможность получения горного и земельного отвода для организации карьера и перерабатывающих механизмов и устройств при нем;
- стоимость и длительность периода подготовительных работ;
- качество горной породы (ее физико-механические свойства);
- объем полезного ископаемого (в частности, получение ответа на вопрос: перекрывают ли запасы месторождения потребность дорожных организаций в каменных материалах);
- наличие подъездных путей, удаленность карьера от трассы, дальность транспортировки продукции
- возможность снабжения карьера электроэнергией, водой, сжатым воздухом;

- величины коэффициентов вскрыши  $K_B$  и пустых пород  $K_P$

$$K_B = \frac{V_B}{V}; \quad K_P = \frac{V_P}{V} \quad (1.1)$$

где  $V$  - объем полезного ископаемого;

$V_B$  - объем вскрыши (пород, покрывающих полезное ископаемое);

$V_P$  - объем пустых пород (переходной слой выветриваемых скальных пород между вскрышей и полезным ископаемым), которые не используют как каменный материал.

Вскрышные и пустые породы отвозят в отвал. Чем больше значения  $K_B$  и  $K_P$ , тем значительнее затраты на вскрышные работы и выше себестоимость продукции карьера.

Основным экономическим показателем работы карьера является приведенная стоимость продукции ( $C_{пр.}$ ), определяемая по формуле

$$C_{пр} = C + K \times E \quad (1.2)$$

где  $C$  - себестоимость продукции, руб. за 1 м<sup>3</sup>;

$K$  - удельные капиталовложения на 1 м<sup>3</sup> продукции, руб.;

$E$  - нормативный коэффициент экономической эффективности капиталовложений, равный  $= 1/T$ , здесь  $T$  - срок окупаемости капиталовложений, который составляет 0,5 года для притрассовых и 3-5 лет для промышленных карьеров.

В тех случаях, когда вдоль участка строящейся дороги есть два или более месторождений каменных материалов примерно одинакового качества, но с различными условиями разработки сырья и разной средней дальностью транспортировки каменных материалов на трассу, себестоимость 1 м<sup>3</sup>

материала определяют с учетом затрат на транспортировку материала к месту работ.

Если окажется, что удельные капиталовложения и себестоимость материала на месте его укладки для первого карьера меньше, чем второго, т.е.  $K_1 < K_2$ , и  $C_1 < C_2$ , то разрабатывают первое месторождение. Если же  $K_1 > K_2$ , а  $C_1 < C_2$ , тогда для решения вопроса об экономической эффективности разработки того или иного месторождения рассчитывают срок окупаемости капиталовложений для варианта с большими капитальными затратами:

$$T = \frac{K_1 - K_2}{C_2 - C_1} \quad (1.3)$$

Если окажется, что  $T$  меньше нормативного срока, то разрабатывают первое месторождение.

### **Расчет работы карьера.**

Для строительства и ремонта дорог требуется большое количество каменных материалов различного сортамента. Сюда относят: щебень, бутовый камень, брусчатку, бортовой камень, а также гравий и песок. Например, для строительства 1 км дороги II категории необходимо около 3,5 тыс. м<sup>3</sup> различных каменных материалов. При этом общие затраты на каменные материалы достигают 45-50 % от сметной стоимости дороги. Поэтому от эффективной работы предприятий, добывающих каменные материалы для строительства и ремонта дорог, в значительной мере зависит качество и долговечность транспортных сооружений различного вида. Каменные материалы изготавливают из горных пород, добываемых в карьерах.

Карьер – это производственное предприятие дорожной отрасли для добычи и обогащения каменных материалов (камня, гравия, песка).

Лучшему пониманию сущности технологии добычи и переработки каменных материалов в карьерах и камнедробильных заводах способствует рассмотрение технических средств и их производительности.

Добываемые в карьерах каменные материалы перерабатывают на стационарных камнедробильных и промывочно-сортировочных заводах или в передвижных установках и в виде готового продукта стандартного качества поставляют на строительные объекты.

Основными задачами при проектировании добычных работ в карьере являются расчеты:

- производительности карьера;
- параметров потока;
- элементов фронта работ;
- параметров буровзрывных работ;
- транспортирования добытой горной породы для дальнейшей переработки (либо в самом карьере или на камнедробильном заводе).

Требуемую часовую производительность карьера по щебню  $Q_{\text{ч}}$  определяют по формуле:

$$Q_{\text{ч}} = \frac{V_n}{N \cdot K_{\text{в}}}, \quad (1.4)$$

где  $V_n$  – годовая производительность карьера, м<sup>3</sup>;

$N$  – количество рабочих часов в течение года (срока работы карьера);

$K_{\text{в}}$  – коэффициент использования времени в течение года ( $K_{\text{в}} = 0,70-0,75$ ).

Для организации работы притрассовых карьеров Управление строительством (УС) или Трест разрабатывают задание, которое является основанием для разработки карьера. Объем и номенклатуру продукции устанавливают в зависимости от объемов дорожно-строительных работ, выполняемых УС или Трестом. В задании указывается тип карьера, его мощность, объем и номенклатура продукции на год, сроки ввода карьера в эксплуатацию, директивная продолжительность работы карьера.

На планируемый год по объемам требуемых работ рассчитывают по СНиП потребность (м<sup>3</sup>) в щебне  $V_p$ .

Имея указанные данные, определяют требуемую производительность карьера за год (или строительный сезон) по щебню  $V_n$  из формулы:

$$V_n = V_p \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (1.5)$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывающий убыль при хранении, погрузке, разгрузке и транспортировке щебня ( $K_1 = 1,03$ );

$K_2$  – коэффициент, учитывающий потери щебня при его обработке ( $K_2 = 1,03 \dots 1,05$ ).

Величину количества рабочих часов  $N_{\text{работы}}$  карьера в течение года (или установленного срока) рассчитывают по форме, приведенной в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Определение величины количества рабочих часов  $N$  работы карьера (пример)

Месяц	Календарное число дней	Число рабочих смен	Нерабочие дни		Количество рабочих часов
			Праздничные и выходные	Дождливые, дни с низкой температурой и метелями	
Март	30	1	4	5	$N_1$
...					
Сентябрь	31	2	4	5	$N_2$
					$\Sigma N, \text{ч.}$

Примечание: рабочая смена продолжительностью 6 ч.

Требуемая сменная производительность карьера по щебню

$$Q_{\text{см}} = T \cdot Q_{\text{ч}} \cdot K_{\text{в.см.}}, \quad (1.6)$$

где  $T$  – продолжительность смены, ч;

$K_{\text{в.см.}}$  – коэффициент использования времени в течение смены ( $K_{\text{в.см.}} = 0,80 \dots 0,85$ )

## Практическая работа №2.

### Технологические расчеты работы битумных баз и битумного хозяйства на асфальтобетонных заводах.

#### Основы проектирования баз органически вяжущих материалов.

При проектировании и организации работы баз органических вяжущих материалов необходимо учитывать следующие основные положения.

База должна обеспечивать объект строительства или эксплуатации необходимым количеством материалов заданных марок. Количество материалов должно быть высоким и соответствовать требованиям нормативных документов, а себестоимость продукции быть минимальной. Должны быть соблюдены требования промышленной санитарии, технической безопасности и пожарной профилактики.

В процессе проектирования баз (цехов) вяжущих решают следующие основные вопросы:

- выбор места расположения базы;
- определение требуемой производительности и количества материалов;
- разработка технологического процесса;
- расчет оборудования;
- расчет генерального плана.

#### Выбор места расположения базы.

Автономные стационарные базы должны иметь железнодорожный тупик для подвозки материалов, его также желательно иметь и временным притрассовым базам.

Притрассовую базу располагают обычно в середине строящегося участка дороги. Общее требование к удаленности базы от потребителей состоит в том, чтобы доставка к ним органически вяжущих материалов обеспечивалась с требуемой температурой, предусмотренной техплотехническим процессом. Максимальное удаление базы определяют технологическим расчетом с учетом времени за которое вяжущее остывает до расчетной температуры.

В случае проектируемого битумного цеха на АБЗ, требование к работе цеха заключается в том, чтобы он обеспечивал выдачу требуемого битума с необходимыми параметрами в соответствии производительностью асфальтосмесительных установок.

#### Требуемая производительность битумной базы.

Общее необходимое количество органически вяжущих материалов за строительный сезон определяется из выражения:

$$B_c = V_1 \cdot q_1 + V_2 \cdot q_2 + \dots + V_n \cdot q_n, \text{ Т} \quad (2.1)$$

где  $V_1, V_2, \dots, V_n$  – объемы работ по устройству дорожных покрытий и оснований из асфальтобетона или по способу: пропитки, смешивания в установке или на дороге и т.д.

$q_1, q_2, \dots, q_n$  – нормы расхода органических вяжущих материалов на единицу соответствующих работ, т.

По формуле (2.1) ведут расчет отдельно для вязких и жидких вяжущих. Значение  $q$  принимают по СНиП или по расчету.

Поскольку при погрузке, хранении и разгрузки возможна частичная потеря материалов, то нужное их количество принимается с учетом этого

$$B_n = B_c \cdot K, \quad (2.2)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий естественные потери органических вяжущих, равный 1,013.

Для обеспечения бесперебойной работы базы (цеха) требуется иметь некоторый единовременный запас вяжущих материалов, определяемый по формуле:

$$B_з = n \cdot \frac{B_n}{T}, \quad (2.3)$$

где  $n$  – норма хранения неснижаемого запаса материалов в сутках. Принимается для битумов и эмульсий в зависимости от условий доставки: по железной дороге 25-30 суток, автомобильным транспортом при дальности доставки более 50 км – 15-20 суток и при менее 50 км – 12 суток;

$T$  – количество рабочих дней базы в году (строительный сезон), определяется расчетом.

Требуемая часовая производительность базы (цеха) определяется по формуле:

$$B_ч = \frac{B_n}{N \cdot K_в}, \quad (2.4)$$

где  $N$  – количество часов работы базы в году (строительный сезон).

$K_в$  – коэффициент использования времени, равный 0,85...0,90.

### **Разработка технологического процесса.**

Разработка технологического процесса является основным этапом при проектировании баз (цехов) органических вяжущих материалов.

С учетом имеющегося оборудования разрабатывают варианты схем технологического процесса. Возможны три принципиальные схемы приготовления (тепловой подготовки) органических вяжущих материалов: одноступенчатая, двухступенчатая и бескотловой способ.

Одноступенчатая схема наиболее технологически простая: она предполагает прибытие на базу необводненных битумов, что предусматривает снабжение базы с «колес», но она редко достижима.

Наилучшее качество материалов обеспечивает двухступенчатая схема. Однако она требует монтажа плавильни, что усложняет технологический цикл подготовки органических вяжущих и ограничивает производительность баз.

Наименьшую материалоемкость и максимальную простоту базы дает бескотловой способ.

При обосновании технологической схемы базы, главное внимание уделяется способу подогрева вяжущих материалов.

При наличии достаточного количества электроэнергии от линий электропередач, предпочтение отдается электроподогреву. Если в районе расположения базы имеется газопровод, то наиболее эффективным способом тепловой подготовки вяжущих будет газоподогрев. При газоподогреве существенно упрощается монтаж оборудования.

Окончательный выбор способа подогрева вяжущих материалов (как и в целом технологического процесса) должен быть обоснован технико-экономическим расчетом.

#### **Расчет основного оборудования баз органических вяжущих материалов.**

Расчет основного оборудования баз включает:

- определение размеров хранилища;
- тепловые расчеты;
- расчет трубопроводов;
- расчет количества котлов битумоплавильни;
- подбор насосов для перекачки вяжущих материалов.

#### **Определение размеров хранилища.**

Средняя площадь подземного битумохранилища определяется по формуле:

$$S_{cp} = \frac{B_3}{h}, \quad (2.5)$$

где  $h$  – глубина (толщина слоя) вяжущих в хранилище, принимаемая для временных хранилищ 1,5-3 м, для стационарных 4-5 м.

Для наземных металлических битумохранилищ цилиндрической формы диаметр резервуара определяют по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{cp}}{\pi}}, \quad (2.6)$$

На битумных базах обычно устраивают хранилища квадратной или прямоугольной формы в плане.

Задаваясь шириной  $b$ , определяют среднюю длину хранилища  $L$ :

$$L = \frac{S_{cp}}{b}, \quad (2.7)$$

Если устраивают подземное хранилище временного типа, то обычно стены имеют крутизну откоса 1:1 или 1:1,5.

При хранении на базе различных органически вязущих, предварительно для каждого из них вычисляют  $B_3$  и площадь  $S_{cp}$ . После этого определяют общие размеры хранилища, предусматривая хранение материалов в различных секциях.

#### **Тепловой расчет хранилища.**

Такой расчет включает определение требуемого количества тепла и параметров нагревательных приборов.

Все битумохранилища оборудуют системами подогрева битума. В настоящее время наиболее распространены системы парового и электрического разогрева. Нагрев, как правило, осуществляется в основной емкости хранилища до температуры текучести битума 60°C ( для битумов типа БНД 60/90), что дает возможность для его стекания в приямок хранилища, где температура доводится до 90-100°C.

Общее количества тепла  $Q$  (ккал/ч), необходимое для нагревания органического вязущего материала в хранилище, определяют по формуле:

$$Q = K_n \cdot [B_{\text{ч}} \cdot C_{\text{б}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) + \mu \cdot B_{\text{ч}} \cdot C_{\text{в}} (t_{\text{к}} - t_{\text{н}})], \quad (2.8)$$

где  $K_n$  – коэффициент, учитывающий теплопотери принимаемый в расчетах, равный 1,2;

$B_{\text{ч}}$  – часовая производительность хранилища, кг/ч, определяемая по формуле (2.4);

$C_{\text{б}}$  – удельная теплоемкость битума, ккал/кг·°C, для вязкого битума (принимается по таблице 2.1).

Таблица 2.1 – Удельная теплоемкость битума в зависимости от температуры

температура $t$ , °C	30-65	65-115	115-150	150-180
теплоемкость битума $C_{\text{б}}$ , ккал/кг·°C	0,30	0,35	0,40	0,45

$t_{\text{к}}, t_{\text{н}}$  – соответственно конечная и начальная температуры вязущего, °C;

$\mu$  – средняя обводненность вязущего в долях единицы, обычно равная 0,03-0,08;

$C_{\text{в}}$  – удельная теплоемкость воды, ккал/кг °C.

По формуле (2.8) ведут расчет отдельно для резервуара хранилища и для приемка. Поэтому значения начальной и конечной температуры будут различными (таблица 2.2).



Таблица 2.2 – Значения  $t_k$  и  $t_n$

тип схемы	$t_n, ^\circ\text{C}$	$t_k, ^\circ\text{C}$	$t_n, ^\circ\text{C}$	$t_k, ^\circ\text{C}$
	для резервуара		для приемка	
одноступенчатая	10-15	60-70	60-70	120-180
двухступенчатая	10-15	60-70	60-70	120-130
котловой способ	10-15	60-70	60-70	80-90

По величине  $Q$  рассчитывают нагревательные устройства.

### Пароподогрев.

При пароподогреве определяют длину и диаметр труб (змеевиков) отдельно для резервуара хранилища и для приемка, а затем – площадь паровых котлов.

Поверхность нагрева труб (змеевиков) для резервуара хранилища или приемка определяют по формуле:

$$S_{mp} = \frac{2 \cdot Q}{K \cdot ((t_n + t_{kn}) - (t_k - t_n))}, \quad (2.9)$$

где  $K$  – коэффициент теплопередачи, принимаемый в расчетах равным 40 ккал/м<sup>2</sup>·ч·°C при  $t \leq 100^\circ\text{C}$  и 60 – при  $t$  более 100°С;

$t_n$  – температура насыщенного пара, зависящая от его давления и равная 158°С при  $p = 6$  атм и 170°С при  $p = 2$  атм;

$t_{kn}$  – температура конденсата пара, принимаемая в зависимости от его давления и равная 120°С при  $p = 2$  атм.

Требуемая поверхность парового котла определяется по формуле:

$$S_k = \frac{K_{nk} \cdot (Q_{xp} + Q_{np})}{p \cdot q}, \quad (2.10)$$

где  $K_{nk}$  – коэффициент, учитывающий потери тепла в котле, равный 1,2;

$Q_{xp}$  – количество тепла, расходуемое на нагревание вязущих материалов в резервуаре хранилища, ккал/ч, вычисляемое по формуле (2.8);

$Q_{np}$  – то же, расходуемое на нагревание вязущих в приемке, ккал/ч, вычисляется по формуле (2.8);

$p$  – теплосодержание пара ( $p = 662$  ккал/кг или = 2800 кДж при давлении  $p = 0,8$  МПа).

$q$  – паропроизводительность котла, кг/ч.

По величине  $S_k$  подбирают по таблице 2.3 площадь нагрева котла и его марку.

Таблица 2.3 – Паровые котлы

Показатели	Шухова-10	ММЗ-0,4/8	Шухова-Сараф	ВГД-28/8	ММЗ-0,7/8	ВГД-40/8	ШС-3/3
Максимальная паропроизводительность, кг/ч: при естественной тяге » дутье	200	300	350	450	550	675	400
	300	450	500	800	700	1000	700
Рабочее давление, МПа	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Площадь теплоотдающей поверхности, м <sup>2</sup>	10-12	15,3	19	23-28	22	35-40	15,7
Съем пара с 1 м <sup>2</sup> теплоотдающей поверхности, кг/ч	17-25	17-25	17-25	25-40	17-25	40	25-40
Масса котла, кг	2300	2765	3800	3800	3124	2700	2140

Задаваясь диаметром трубопровода ( $d=2,5-3$  дюйма<sup>1)</sup>) и имея значения  $S_{mp}$ , определенные по формуле (2.9), вычисляют длину змеевиков паропровода – отдельно для резервуара хранилища и прямка – по формуле:

$$l = \frac{S_{mp}}{\pi \cdot d}, \quad (2.11)$$

1) дюйм – британская единица измерения длины, равен 25,4мм.

#### Газоподогрев.

При использовании для подогрева битума в хранилище тепла нагретых газов, поверхность жаровых труб  $S_{ж.тр}$  газопровода – отдельно для резервуара хранилища и прямка – определяют по формуле:

$$S_{ж.тр} = \frac{Q}{K_1 \cdot (0,5 \cdot (t_T + t_y) - 0,5 \cdot (t_k + t_n))}, \quad (2.12)$$

где  $K_1$  – коэффициент теплопередачи, определяемый расчетом;

$t_m$  – температура газов в топке (около 1300°C);

$t_y$  – температура уходящих газов (около 250°C).

Длину змеевиков жаровых труб определяют по формуле (2.11).

#### Электроподогрев.

При электроподогреве общая требуемая мощность нагревателей  $N$  определяется по формуле:

$$N = \frac{Q}{864 \cdot \eta}, \text{ кВт} \quad (2.13)$$

где  $\eta$  – коэффициент, учитывающий потери тепла, равный для закрытых хранилищ 0,90-0,95.

При расчете электронагревателей для хранилища и приемка значение  $Q$  рассчитывают по формуле (2.8).

При расчете электронагревателей для котлов плавильни значение  $Q$  необходимо определять по формуле:

$$Q = K \cdot [B_{\text{ч}} \cdot C_{\text{б}} \cdot (t_3 - t_2) + \mu \cdot B_{\text{ч}} \cdot C_{\text{б}} (100 - t_2) + \mu \cdot B_{\text{ч}} \cdot p] \quad (2.14)$$

где  $t_3$  – конечная температура обезвоживания, около 130-140°C;

$t_2$  – начальная температура закачиваемого в котлы вяжущего, около 80-90°C;

$\mu$  – средняя обводненность закачиваемого в котлы вяжущего;

$p$  – скрытая теплота парообразования, равная 662 ккал/кг.

Количество котлов плавильной установки определяют по формуле:

$$m = \frac{B_c}{\Pi_k} + 1, \quad (2.15)$$

где  $B_c$  – суточная потребность в вяжущих материалах, т;

1 – резервный котел;

$\Pi_k$  – паропроизводительность одного котла, т/сут можно принимать (с пересчетом на кг/ч) по таблице 2.4 или определять по формуле:

$$\Pi_k = \frac{24 \cdot V_k \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{з}} \cdot K_{\text{н}} \cdot \gamma}{t_3 + t_{\text{в}} + t_{\text{н}}}, \quad (2.16)$$

где  $V_k$  – емкость котла, м<sup>3</sup>;

$K_{\text{в}}$  – коэффициент использования рабочего времени, равный 0,85-0,95;

$K_{\text{з}}$  – коэффициент неравномерности забора материала, равный 1,1-1,3;

$K_{\text{н}}$  – коэффициент наполнения котла, равный 0,75-0,80;

$\gamma$  – плотность вяжущего, т/м<sup>3</sup>;

$t_3, t_{\text{н}}, t_{\text{в}}$  – соответственно времена загрузки, нагрев и выгрузку материала,

ч.

Загрузка материала  $t_3$  осуществляется насосом:

$$t_3 = \frac{V_k \cdot K_{\text{н}}}{\Pi_{\text{н}}}, \quad (2.17)$$

где  $\Pi_{\text{н}}$  – производительность насоса при загрузке котла, т/ч.

Значение  $t_{\text{н}}$  принимается от 5 до 10 ч.

Для транспортировки на базе органических вяжущих материалов диаметр трубопроводов  $d$  рассчитывают по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{\pi \cdot V \cdot t_3}}, \text{ м} \quad (2.18)$$

где  $q$  – емкость, которая должна быть заполнена, м<sup>3</sup>;

$V$  – скорость движения вязущих материалов в трубопроводах. м/с, принимаемая равной 0,6–0,9;

$t_3$  – время заполнения этой емкости, с.

Диаметр трубопроводов для транспортировки органических вязущих материалов обычно находится в пределах 0,075-0,125 м.

Для перекачки материалов производительность насоса  $\Pi_n$  должна быть:

$$\Pi_n = \frac{V_e}{t_3}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.19)$$

где  $V_e$  – емкость, м<sup>3</sup>, которую нужно заполнить за время  $t_3$ , с.

Производительность насоса рассчитывается по емкости котла плавительной установки. Трубопроводы для перекачки вязущих располагают в канале или на подвесках. Устройство трубопроводов в каналах целесообразно на стационарных базах. На притрассовых базах их обычно располагают на высоте 2-2,5м с устройством термоизоляции; в местах проезда транспорта, учитывая его габариты, эту высоту увеличивают до 4-4,5м.

При высоком расположении трубопроводов проверяют возможность насоса обеспечить расчетный напор  $H_p$  по формуле:

$$H_p = K_n \cdot (H_1 + H_2 + H_3), \quad (2.20)$$

где  $K_n$  – коэффициент, учитывающий запас напора. Принимаемый равным 1,1;

$H_1$  – максимальная требуемая высота подачи органического вязущего материала; принимается равной расстоянию по вертикали от центра насоса до центра трубопровода с наибольшей отметкой, м;

$H_2$  – потери напора от трения в трубах, м;

$H_3$  – местные потери напора, м, принимаемые в расчетах в размере 5-10% от величины  $H_2$ .

Величину потери напора от трения в трубах принимают пропорционально длине труб:

$$H_2 = i \cdot l, \quad (2.21)$$

где  $i$  – удельные потери напора от трения в трубах диаметром  $d$ , м, определяемые по формуле:

$$i = \frac{\alpha \cdot V^2 \cdot \beta}{2 \cdot d \cdot q}, \quad (2.22)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий сопротивление трубы, определяемый по формуле:  $\alpha = 0,02 \cdot (1 - V \cdot 0,25 \cdot d)$ ;

$V$  – скорость движения жидкого материала в трубах, м/с;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий загрязнение трубы, равный 1,9-2,0;

$q$  – ускорение силы тяжести, равное  $9,81 \text{ м}^2/\text{с}$ .

По вычисленному значению  $H_p$  и характеристике принятого насоса определяют – может ли данный насос обеспечить подъем вязущего жидкого материала в трубопроводы, подвешенные на максимальной высоте.

Требуемая мощность электродвигателя для насоса производительностью  $\Pi_n$  т/ч вычисляют по формуле:

$$N = \frac{\Pi_n \cdot H_p^3}{3,6 \cdot 75 \cdot \eta \cdot 1,36}, \text{кВт} \quad (2.23)$$

где  $\eta$  – к.п.д. двигателя, равный  $0,85-0,90$ .

### Практическая работа №3.

#### ***Расчет годового фонда рабочего времени асфальтобетонного завода. Выбор основного и вспомогательного оборудования.***

В расчётах производственных мощностей предприятия или цеха учитывают три вида фонда времени их работы: календарный, режимный, плановый.

Календарный фонд времени (Тк.ф.) – сумма календарных дней в расчетном периоде (год, квартал, месяц).

Режимный фонд (Тр.ф.) – время возможной продолжительности работы оборудования, исходя из принятого на данном предприятии режиме работы в соответствующем расчетном календарном периоде:

$$T_{р.ф.} = T_{к.ф.} - (T_{вых} + T_{пр} + T_{кл}), \quad (3.1)$$

где  $T_{вых}$ ,  $T_{пр}$ ,  $T_{кл}$  – число выходных, праздничных и наработчих дней по климатическим условиям (не для всех предприятий).

Плановый (расчетный фонд времени  $T$  п.ф.):

где  $T$  к.ф. – режимный фонд времени;

Работа асфальтобетонных заводов, битумных, эмульсионных баз и цехов привязывается к периоду по укладке асфальтобетонных смесей и соответствующих работ с органическими вяжущими, которые должны осуществляться в период устойчивых температур от  $+5 \text{ }^\circ\text{C}$  весной до  $+10 \text{ }^\circ\text{C}$  осенью.

Число смен полезной работы устанавливается на основании климатических условий с учётом выходных и праздничных дней, дней простоя машин по непредвиденным причинам и на проведение технического осмотра и ремонта, неблагоприятных дней по метеословиям.

Количество рабочих дней по каждому отдельному месяцу определяется по формуле

$$D_p = D_k - (D + D_2 + D_n + D_{\text{рем}}) \quad (3.2)$$

где  $D_p$  – число рабочих дней в месяце;

$D_k$  – число календарных дней в месяце;

$D$  – количество дождливых дней с учетом праздничных и выходных дней за этот период, определяется по формуле

$$D = D_1 \left(1 - \frac{D_2}{D_k}\right), \quad (3.3)$$

Где  $D_1$  – количество дождливых дней, принимается:

Для 1 квартала = 0,6 или по 0,2 на месяц;

Для 2 квартала = 3,9 или по 1,3 на месяц;

Для 3 квартала = 4,7 или по 1,6 на месяц;

Для 4 квартала = 1,8 или по 0,6 на месяц;

$D_2$  – количество выходных и праздничных дней в месяце;

$D_n$  – количество дней простоев машин по непредвиденным причинам, принимается равным 3% от календарного времени за вычетом выходных и праздничных дней;

$D_{\text{рем}}$  – затраты на проведение ТО и ремонт, определяются по формуле

$$D_{\text{рем}} = \frac{(D_k - D_n) \cdot K_{\text{см}} \cdot T_{\text{см}} \cdot P_{\text{ч}}}{1 + K_{\text{см}} \cdot T_{\text{см}} \cdot P_{\text{см}}} \quad (3.4)$$

Где  $D_n = D_1 + D_2 + D_n$ , т.е. сумма дней перерывов в работе по всем причинам, кроме ТО и ремонта;

$K_{\text{см}}$  – коэффициент сменности, примается:

Для 1 и 4 квартала  $K_{\text{см}} = 1,0$ ;

Для 2 и 3 квартала  $K_{\text{см}} = 2,0$ ;

$T_{\text{см}}$  – количество дней нахождения машин в ремонте, приходящееся на 1ч. Работы машин, принимается 0,0138.

Количество рабочих смен в месяце определяется по формуле

$$D_{\text{рс}} = D_p \cdot K_{\text{см}} \quad (3.5)$$

При определении мощности учитывают работу и других возможных вспомогательных цехов (например, цех переработки старого асфальтобетона на АБЗ и др.).

### **Выбор основного и вспомогательного оборудования.**

Необходимое оборудование подбирают в соответствии с принятой технологией. При этом основное внимание уделяют смесительному цеху.

#### Приготовление горячих асфальтобетонных смесей

Производительность смесителя (т/ч) циклического действия определяют по формуле:

$$P_m = \frac{3600 \cdot q \cdot k_g}{t_1 + t_2 + t_3}, \quad (3.6)$$

где  $q$  – масса одного замеса, т;

$k_g$  – коэффициент использования времени, равный 0,85...0,9;

$t_1, t_2, t_3$  – соответственно время на загрузку смесителя, перемешивания и выгрузки смеси, с.

Необходимое количество одноименных смесителей  $N_c$  определяется из соотношения:

$$N_c = \frac{\Pi_{нч}}{\Pi_m}, \quad (3.7)$$

где  $\Pi_m$  – часовая техническая производительность смесителя, определяемая по каталогам, а также вычисляемая (в конкретных случаях) по формуле (3.4);

$\Pi_{нч}$  – требуемая часовая производительность завода, равная

$$\Pi_{нч} = \frac{\Pi_{АБЗ}}{N \cdot K_e}, \quad (3.8)$$

где  $\Pi_{АБЗ}$  – требуемая производительность завода за сезон, определяемая по формуле (3.3);

$N$  – число часов работы завода за сезон, рассчитывается после определения числа рабочих дней функционирования завода за сезон;

$K_e$  – коэффициент использования времени, равный 0,90...0,95.

Выбирая смесители считается более целесообразно устанавливать два смесителя меньшей производительности, чем один высокопроизводительный. Это обеспечивает непрерывность работы завода при профилактических ремонтах, а также одновременную выдачу разных смесей.

Производительность ленточных транспортеров  $\Pi_l$  при перемещении сыпучих и кусковых материалов определяют по формуле:

$$\Pi_l = 3600 \cdot S \cdot V \cdot \rho \cdot k_e \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (3.9)$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения материала на ленте, м<sup>2</sup>. Она равна: для плоских лент  $0,05B^2$  и для желобчатых  $0,11B^2$  (здесь  $B$  – ширина ленты транспортера, м);

$V$  – скорость движения ленты, равная 1...3 м/с;

$\rho$  – объемная плотность материала, т/м<sup>3</sup>;

$k_e$  – коэффициент использования времени 0,8...0,9;

$k_1$  – коэффициент неравномерности загрузки ленты транспортера. Для сухого песка и минерального порошка 0,5...0,6, для щебня и гравия – 0,6...0,8;

$k_2$  – коэффициент, учитывающий степень разрыхления материала, равный для песка 1,15...1,2, для минерального порошка – 1,1, для щебня 1,4;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий крупность породы, равный для минерального порошка – 1, песка – 0,9, щебня и гравия – 0,75.

Производительность передвижных транспортеров изменяется в пределах от 50 до 100, звеньевых – от 50 до 250 т/ч.

Иногда щебень и песок от мест отгрузки подают к складам, а из них – к бункерам предварительного дозирования с помощью различных автопогрузчиков.

Для вертикального транспортирования щебня и песка под углом к горизонту более 30° применяют ленточные и цепные ковшовые элеваторы. Ленточные ковшовые элеваторы используют при высоте подъема до 20...35м, цепные ковшовые элеваторы – до 20м.

Ковшовые элеваторы обычно заключают в металлические кожухи, что предохраняет материала от его раздувания ветром и увлажнения дождем.

Производительность ковшового элеватора  $P_n$  (т/ч) определяют по формуле:

$$P_n = 3600 \cdot \frac{q}{l} \cdot V \cdot \rho \cdot \psi, \quad (3.10)$$

$q$  – емкость одного ковша, м<sup>3</sup>, принимается по каталогам;

$l$  – шаг (расстояние) между ковшом, м, равный 2...3 высотам ковшей;

$V$  – рабочая скорость движения ковшей, м/с;

$\psi$  – коэффициент наполнения ковша.

Производительность ковшовых элеваторов, применяемых на АБЗ, составляет 10...50 т/ч.

При транспортировке минерального порошка на короткие расстояния (до 25-30 м) иногда применяют винтовые конвейеры (шнеки), с помощью которых материал перемещается в закрытом кожухе.

Производительность винтовых конвейеров  $P_e$  определяют по формуле:

$$P_e = 60 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot V_e \cdot \rho \cdot \psi \cdot K_y, \text{ т/ч} \quad (3.11)$$

где  $D, L$  – соответственно диаметр и шаг винта, м;

$V_e$  – скорость вращения винта об/мин, зависящая от  $D$  винта (таблица 3.1).

Таблица 3.1– Величина скорости вращения винта в зависимости от диаметра  $D$

$D$ , мм	150	200	250	300	400	500	600
$V_e$ , об/мин	25-150	25-150	25-120	20-120	20-95	20-95	15-75

$\psi$  – коэффициент, учитывающий наполнение площади поперечного сечения винта, равный 0,2 – 0,40;

$K_y$  – коэффициент, зависящий от угла наклона  $\beta$  конвейера (табл 3.2).

Таблица 3.2 Величина коэффициента  $K_y$

$\beta$ , град	0	5	10	15	20
$K_y$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,65



Производительность винтовых конвейеров (шнеков), применяемых на АБЗ, составляет 10-25 т/ч.

Наиболее эффективный способ транспортирования минерального порошка – пневматический, дальность перемещения составляет 25-500 м по горизонтали и до 35 м по вертикали. Производительность пневматических устройств (эрлифты, аэрожелоба, пневмопитатели) изменяется в пределах от 10 до 100 т/ч.

При транспортировании пылевидных материалов в трубопроводах возникает смесь материала с воздухом. Весовая концентрация смеси  $\mu$  представляет собой отношение веса транспортируемого материала к весу воздуха. Для транспортирования минерального порошка и цемента обычно используют нагнетательные системы высокого давления (2,5-5 ат). В этом случае значение  $\mu$  можно ориентировочно представить в функции от приведенной длины транспортировки.

Таблица 3.3.

$L_n$ , м	100	200	400	800
$\mu$ , кг/кг	55	38	25	16

Необходимый расход воздуха

$$Q_в = \frac{M_ч}{3,6 \cdot \gamma_в \cdot \mu}, \text{ м}^3/\text{сек} \quad (3.12)$$

где  $\gamma_в$  – удельный вес воздуха для нагнетательных устройств, равный 1,6-2,0 кг/м<sup>3</sup>.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_в}{\pi \cdot V}}, \text{ м} \quad (3.13)$$

По ГОСТу и значению  $d$  подбирают бесшовные стальные трубы.

Требуемую производительность компрессора  $\Pi$ , м<sup>3</sup>/мин определяют по формуле:

$$\Pi = \frac{\pi \cdot d^3}{4} \cdot K_2 \cdot V \cdot 60, \quad (3.14)$$

где  $K_2$  – коэффициент, учитывающий потери воздуха в системе трубопроводов, равный около 1,1.

Необходимую мощность двигателя компрессора  $N_д$ , кВт, определяют по формуле:

$$N_д = \frac{\Pi \cdot A}{60 \cdot 102 \cdot \eta}, \quad (3.15)$$

где  $\eta$  – к.п.д. компрессора. Равный 0,6-0,8.

## Практическая работа №4.

### Расчет необходимых энергоресурсов для работы асфальтобетонного завода.

Расчет потребности пара.

На АБЗ пар необходим для:

- подогрева органических вяжущих в хранилище (в том числе приемке);
- распыления топлива через форсунки;
- обогрева битумопроводов;
- отопления помещений и пр.

Общее количество водяного пара  $Q$  кг/ч, требуемое для работы АБЗ, равно

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4, \quad (4.1)$$

где  $q_1$  – расход пара на нагрев вяжущих в хранилище;

$q_2$  – расход пара для распыления топлива в форсунках;

$q_3$  – расход пара на обогрев битумопроводов;

$q_4$  – расход пара на отопление.

Расход пара на нагрев вяжущих в хранилище и его приемке будет.

$$q_1 = \frac{Q_1 + Q_2}{i}, \text{ кг/ч} \quad (4.2)$$

где  $Q_1, Q_2$  – расход тепла на нагрев вяжущего, определяемый отдельно для резервуара хранилища и приемки ккал/ч;

$i$  – теплосодержание пара ( $i = 662 \text{ ккал/кг} = 2800 \text{ кДж}$  при давлении пара 0,8 МПа).

Если в сушильных барабанах материал подогревают жидким топливом, распыляемым через форсунки с помощью пара, то расход пара рассчитывают по формуле:

$$q_2 = q_y \cdot P_{\phi} \cdot q_m, \text{ кг/ч} \quad (4.3)$$

где  $q_y$  – удельный расход пара в кг. Подаваемого через форсунку, на 1кг израсходованного топлива равен в среднем 0,5-0,6 кг;

$P_{\phi}$  – фактическая производительность смесительных установок, т/ч;

$q_m$  – удельный расход топлива в кг, на 1т приготавливаемой смеси (в среднем  $q_m = 8 \text{ кг/т}$ ).

Расход пара на обогрев битумопровода можно определить по формуле:

$$q_3 = q' \cdot L, \text{ кг/ч} \quad (4.4)$$

где  $q'$  - удельный расход пара на 1 м битумопровода, который должен обеспечить подвод тепла. Равный 125-175 ккал/ч;

$L$  – общая длина обогреваемых битумопроводов, м.

Зная общий расход пара  $Q$ , определяемого по формуле (4.1), необходимая поверхность парового котла  $F_k$  определяется по формуле:

$$F_k = \frac{Q \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2}{q_k}, \text{ м}^2 \quad (4.5)$$

где  $q_k$  – паропроизводительность котла, кг/м<sup>2</sup>ч;

$\kappa_1$  – коэффициент, учитывающий неравномерность потребления пара, равный 1,2-1,3;

$\kappa_2$  – коэффициент, учитывающий потери пара, равный 1,1-1,15.

По вычисленному значению  $F_k$  подбирают марку и количество котлов, пользуясь таблицей 4.1 или 4.2.

Таблица 4.1 – Паровые котлы

Показатели	Шухова-10	ММЗ-0,4/8	Шухова-Сараф	ВГД-28/8	ММЗ-0,7/8	ВГД-40/8	ШС-3/3
Максимальная паропроизводительность, кг/ч:							
при естественной тяге	200	300	350	450	550	675	400
» дутье	300	450	500	800	700	1000	700
Рабочее давление, МПа	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Площадь теплоотдающей поверхности, м <sup>2</sup>	10-12	15,3	19	23-28	22	35-40	15,7
Съем пара с 1 м <sup>2</sup> теплоотдающей поверхности, кг/ч	17-25	17-25	17-25	25-40	17-25	40	25-40
Масса котла, кг	2300	2765	3800	3800	3124	2700	2140

В некоторых случаях при малых площадях теплоотдающей поверхности нагревательных устройств используют передвижные паровые котлы – парообразователи (таблица 4.2), но для стационарных АБЗ более целесообразно применение паровых котлов (таблица 4.1).

Таблица 4.2 – Парообразователи

Показатели	Д-163Б	Д-563 (ДС-19)	Д-563А	Д-534 (ДС-20)
Паропроизводительность, кг/ч	500	до 690	до 690	до 690
Давление пара, МПа	0,8	1,0	1,0	1,0
Влажность пара, %	5	5	5	5
Геометрическая вместимость котла, л	-	1010	1010	1010
Объем воды в котле, л	640	900	900	900
Площадь поверхности нагрева, м <sup>2</sup>	12,5	14,4	14,4	14,4
Вместимость топки, м <sup>3</sup>	-	0,2	0,2	0,2
Топливо	Моторное + керосин в соотношении от 1:2 до 1:3			
Давление топлива, МПа	0,8	1-1,5	1-1,5	1-1,5
Расход топлива на 1 кг пара, кг/кг		до 0,085		
Вместимость топливного бака, л	-	320	320	-

Двигатель привода вспомогательных механизмов	Дизельные УД-1		Электродвигатель А02-31-2	
Мощность, кВт	3	3	3	3
Частота вращения, с <sup>-1</sup>	50	50	50	50
Рама и ходовая часть	Одноосные пневмошасси			Рама-салазки
Габаритные размеры, мм:				
длина	4500	4250	4250	3250
ширина	2100	2100	2100	1550
высота	2050	2250	2250	1700
Масса, кг	2600	2600	2585	2100

### Расчет потребности в электроэнергии на АБЗ.

Электрическая энергия на АБЗ расходуется на силовые потребители (сушильные барабаны, смесители, компрессорная станция, котельная, очистные устройства от выбросов пыли и газов, транспортные линии); внутреннее освещение зданий; наружное освещение мест производства работ, складов, подвозных путей и территории АБЗ.

Потребная электрическая мощность  $\Sigma P$  для АБЗ вычисляется по формуле:

$$\Sigma P = \alpha \cdot \left( \frac{K_1 \cdot \Sigma P_c}{\cos \varphi_1} + K_2 \cdot \Sigma P_{во} + K_3 \cdot \Sigma P_{но} \right), \text{ кВт} \quad (4.6)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий потери мощности в зависимости от напряжения сети ( $\alpha = 1,05 \dots 1,10$ );

$\Sigma P_c$  – сумма номинальных мощностей всех силовых установок при условии возможного совпадения во время их эксплуатации, кВт;

$\Sigma P_{во}$  – общая мощность осветительных приборов внутреннего освещения, кВт;

$\Sigma P_{но}$  – общая мощность осветительных приборов наружного освещения, кВт;

$K_1, K_2, K_3$  – соответственно коэффициенты спроса, учитывающие несовпадение нагрузок потребителей:  $K_1 = 0,5$ ;  $K_2 = 0,8$ ;  $K_3 = 1,0$ ;

$\cos \varphi_1$  – коэффициент мощности, зависящий от загрузки силовых потребителей ( $\cos \varphi_1 = 0,6 \dots 0,7$ ).

Мощности агрегатов смесительного оборудования на примере ОАО «Кредмаш» (Украина) приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Мощность агрегатов смесительного оборудования

Тип установки	ДС-158	ДС-185	ДС-168	КДМ-201
Производительность т/ч при влажности минеральных материалов 5%	40	56	160	110
Удельная мощность, кВт	195	215	420	330

Примечание: указана только силовая мощность без учета электронагревателей.

Мощность силовых установок  $\Sigma P_c$  вычисляют суммированием произведений количества ( $n$ ) каждого вида оборудования на его мощность. Для смесителей применяют формулу:

$$\Sigma P_c = n \cdot P_{эд} + n \cdot P_{эн}, \text{ кВт} \quad (4.7)$$

где  $n$  – количество смесителей данного типа;

$P_{эд}$  – установленная мощность электродвигателей на данном смесителе, кВт;

$P_{эн}$  – установленная мощность электронагревателей, кВт.

Значения  $P_{эд}$  и  $P_{эн}$  берутся из справочников.

Итоговая форма расчета для более подробного определения потребляемой электроэнергии приведена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Мощность агрегатов смесительного оборудования

Наименование потребителей	Единица измерения	Количество	Удельная мощность ед. изм., кВт	Суммарная мощность
Силовые потребители ( $P_c$ )				
- сушильный барабан	шт.			
- смесители:				
ДС-158	шт.			
.....	...			
.....	...			
- компрессор для сжатого воздуха	шт.			
- битумный насос	шт.			
- конвейерная линия	шт.			
Итого $P_c =$				
Внутреннее освещение бытовых помещений ( $P_{во}$ )	100 м <sup>2</sup>			
Итого $P_{во} =$				
Наружное освещение зон производства работ, проездов ( $P_{но}$ )	100 м <sup>2</sup>			
Итого $P_{но} =$				
Всего $\Sigma P =$				

*Расчет потребности в сжатом воздухе.*

На АБЗ сжатый воздух используется: для распыления через форсунки топлива; работы пневматических инструментов; транспортировки минерального порошка.

Общее количество сжатого воздуха  $V_в$ , м<sup>3</sup>/мин, необходимого для работы АБЗ составляет:

$$V_в = V_1 + V_2 + V_3, \quad (4.8)$$

где  $V_1$  – расход воздуха на распыление топлива через форсунки;

$V_2$  – расход воздуха для работы пневматических инструментов;

$V_3$  – расход воздуха для транспортировки минерального порошка.

Значение  $V_1$  можно вычислить по формуле:

$$V_1 = \frac{1}{60} \sum n \cdot V_i \cdot q_{\phi} \cdot K, \text{ кг/ч} \quad (4.9)$$

где  $V_i$  – удельный расход воздуха  $\text{м}^3$  на 1кг топлива, равный 0,7-1,0  $\text{м}^3/\text{кг}$ ;

$n$  – количество форсунок разного типа;

$q_{\phi}$  – расход топлива форсункой данного типа, кг/ч;

$K$  – коэффициент одновременности работы форсунок:

при 2 форсунках  $K = 1,0$ ;

при 3 форсунках  $K = 0,90$ ;

при 4 форсунках  $K = 0,85$ ;

при 5 форсунках  $K = 0,82$ .

Расчетный расход воздуха для работы пневмоинструментов  $V_2=V_p$ ,  $\text{м}^3/\text{мин}$ , определяют по формуле:

$$V_p = n_k \cdot q_n \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (4.10)$$

здесь  $q_n$  – нормативный расход воздуха для принятого типа инструмента, использующего сжатый воздух,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий потери воздуха для принятого инструмента ( $K_1 = 1,6 \dots 1,7$ );

$K_2$  – коэффициент, учитывающий одновременность работы инструментов ( $K_2 = 1,00 \dots 0,70$ ). Чем больше одновременно работает инструментов тем меньше величина  $K_2$ .

Диаметр трубопровода, подающего воздух, определяют по формуле:

$$d = 3,18 \cdot \sqrt{V_p}, \text{ см} \quad (4.11)$$

где  $V_p$  – количество сжатого воздуха, подаваемого по трубопроводу,  $\text{м}^3/\text{мин}$ .

Расчетный суммарный расход сжатого воздуха  $\text{м}^3/\text{мин}$  равен

$$V_p = V_{\phi} \cdot K_n, \quad (4.12)$$

где  $K_n$  – коэффициент, учитывающий потери воздуха в компрессоре и трубопроводе, равный 1,4-1,5.

*Расчет потребности в воде.*

На АБЗ вода расходуется на различные нужды:

- хозяйственно-питьевая ( $q_1$ );
- бытовые ( $q_2$ );
- производственные ( $q_3$ );

- противопожарные ( $q_4$ ).

Общий расход воды за смену составляет:

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 , \quad (4.13)$$

Сменная потребность в воде (л) на хозяйственно-питьевые нужды равна

$$q_1 = P \cdot n \cdot K_n , \quad (4.14)$$

где  $P$  – количество работников на заводе;

$n$  – норма потребности в воде на хозяйственно-питьевые нужды на одного работника, принимаемая 25 л в смену;

$K_n$  – коэффициент неравномерности водопотребления, равный 3.

Расход воды на бытовые нужды определяется по формуле:

$$q_2 = m_1 \cdot n_1 + m_2 \cdot n_2 , \quad (4.15)$$

где  $m_1, m_2$  – соответственно количество кранов и душевых сеток;

$n_1$  – норма воды на один кран, равная 180-200л в смену;

$n_2$  – норма воды на одну сетку душа, равная 375л в смену.

Расход воды на производственные нужды ( $q_3$ ) состоит из расходов на промывку каменных материалов ( $V_1$ ), поливку территории с целью обеспыливания ( $V_2$ ), приготовления эмульсий ( $V_3$ ), мойку машин ( $V_4$ ).

$$q_3 = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 , \quad (4.16)$$

Расход  $V_1$  определяется по формуле:

$$V_1 = v_1 \cdot q_{см} , \text{ л/см} \quad (4.17)$$

где  $v_1$  – удельный расход воды, л, на проливку 1 м<sup>3</sup> каменного материала, который в зависимости от степени загрязнения материала изменяется от 1000 до 3000 л/м<sup>3</sup>;

$q_{см}$  – установки по промывке каменного материала, м<sup>3</sup> в смену.

Расход воды на поливку территории АБЗ определяют по формуле:

$$V_2 = S \cdot \frac{P}{m} , \text{ л/см} \quad (4.18)$$

где  $m$  – число рабочих смен в сутках;

$S$  – площадь, подлежащая поливке, м<sup>2</sup>;

$p$  – норма поливки, л на 1 м<sup>2</sup> территории в сутки, равная 1,5-4 л/м<sup>2</sup>.

Расход воды на приготовление эмульсий

$$V_3 = v_3 \cdot q_э , \text{ л/см} \quad (4.19)$$

где  $v_3$  – расход воды, л, на приготовление 1 т эмульсии, равный в среднем 500-700 л/т;

$q_3$  – производительность эмульсионной установки, т в смену.

Расход воды на мойку автомобилей определяют по формуле:

$$V_4 = v_4 \cdot N, \text{ л/см} \quad (4.20)$$

где  $v_3$  – норма расхода воды на мойку одного автомобиля, равная 50л в сутки;

$N$  – количество обмываемых автомобилей.

Расход воды на противопожарные нужды в литрах за смену для производственных предприятий с площадью территории менее 100 га определяют, считая, что на территории предприятия в течении смены не может возникнуть более одного пожара, причем пожар должен быть ликвидирован за время не более 3 ч.

При таких допущениях требуемый нормативный расход воды на тушение пожара составляет 5л/с. Следовательно, общий расход воды на тушение пожара составит

$$q_4 = 3 \cdot 3600 \cdot 5 = 54000 \text{ л/см} \quad (4.21)$$

После установления суммарного расхода воды вычисляют расчетный расход:

$$Q_p = \frac{Q \cdot K_1 \cdot K_2}{3600 \cdot T}, \text{ л/с} \quad (4.22)$$

где  $K_1$  – коэффициент неравномерности водопотребления в течении смены, равный 1,1-1,6;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий утечку воды, равный 1,15-1,25;

$T$  – продолжительность смены, ч.

По величине  $Q_p$  определяют необходимый диаметр водопроводного коллектора:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_p}{\pi \cdot 1000 \cdot V}}, \text{ м} \quad (4.23)$$

где  $V$  – скорость течения воды в трубах, равная 101,5 м/сек.

## **Практическая работа №5.**

### **Расчет бетоносмесительного цеха. Статистический контроль прочности бетона.**

*Расчет бетоносмесительного цеха.*

При применении бетоносмесительных цехов следует соблюдать технологические нормы (таблица 5.1).



Таблица 5.1– Некоторые показатели норм технологического проектирования бетоносмесительных цехов

Показатели	Нормы
1. Расчетное число замесов в 1ч (плотные заполнители, автоматическое дозирование составляющих): для бетонных (жестких и подвижных) смесей, приготавливаемых в смесителях принудительного действия.	35
для бетонных смесей, приготавливаемых в смесителях гравитационного действия: при объеме готового замеса 500 л и менее:	
– подвижностью 1...4 см	25
– подвижностью 5...9 см	27
– подвижностью 10 см	30
при объеме готового замеса более 500 л:	
– подвижностью 1...4 см	20
– подвижностью 5...9 см	22
– подвижностью 10 см	25
для растворных смесей.	25
2. Коэффициент выхода смесей (в плотном теле): бетонных тяжелых и легких (для конструкционного бетона) легких (для теплоизоляционного бетона) растворных	0,67 0,75 0,8
3. Запас материалов в расходных бункерах, ч заполнителей цемента рабочего раствора добавки	1...2 2...3 4...5

Производительность бетоносмесительных цехов составляет 40...320 тыс. м<sup>3</sup> бетонной смеси в год.

Смесительные машины бетоносмесительных цехов подразделяют на машины периодического (циклического) и непрерывного действия.

По способу перемешивания материалов их подразделяют на гравитационные бетоносмесители, в которых перемешивание происходит при свободном падении материалов, и с принудительным перемешиванием.

Производительность (м<sup>3</sup>/ч) бетоносмесителей периодического действия:

$$P = \frac{V_{\sigma} \cdot \beta \cdot n \cdot K_n}{1000}, \quad (5.1)$$

где  $V_{\sigma}$  – вместительность смесительного барабана по загрузке, л;

$\beta$  – коэффициент выхода бетонной смеси;

$n$  – число замесов в 1 час;

$K_n$  – коэффициент использования бетоносмесителя ( $K_n=0,91$ ).

Объем готового замеса (л) бетонной смеси:

$$V_{\bar{c}} = V_{\bar{o}} \cdot \beta$$

Число замесов в 1 час:

$$n = \frac{3600}{t_y},$$

где  $t_y$  – время цикла (время, затрачиваемое на загрузку, перемешивание и выгрузку одной порции (замеса) смеси, с.

Продолжительность смешивания бетонной смеси на различных заполнителях приведенных в таблицах 5.2, 5.3 и 5.4.

Таблица 5.2 – Наименьшая продолжительность (с) смешивания бетонной смеси на пористых заполнителях в смесителях принудительного действия

Объем готового замеса бетонной смеси, л	Средняя плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>			
	Более 1700	1400-1700	1000-1400	1000 и менее
500 и менее	105	120	150	180
500...1000	120	150	180	210
Более 1000	150	180	210	240

Таблица 5.3 – Наименьшая продолжительность (с) смешивания бетонной смеси на плотных заполнителях

Объем готового замеса бетонной смеси, л	Смесители		
	Гравитационные при подвижности, см		Принудительного действия
	3...8	Более 8	
500 и менее	75	60	50
Более 500	120	90	50

Таблица 5.4 – Ориентировочное время смешивания песчано-бетонной смеси

Объем замеса, л	Время смешивания смеси, с, при	
	Подвижной смеси 2...8 см	Жесткости 20...60 см
До 400	90	120
400...800	120	150
800...1200	150	180

Число замесов в 1 час должно быть не более расчетного числа замесов, рекомендуемого нормами технологического проектирования бетоносмесительных цехов (таблица 5.1).

Годовая производительность цеха с бетоносмесителями периодического действия:

$$P_z = \frac{P \cdot V_{\text{бс}} \cdot m \cdot n \cdot K_u}{1000}, \quad (5.2)$$

где  $n$  – число замесов в 1 час;

$P$  – годовой фонд времени, ч;

$V_{\text{бс}}$  – объем готового замеса бетонной смеси, л;

$m$  – количество бетоносмесителей:

$$m = \frac{1000 \cdot P_z}{P \cdot V_{\text{бс}} \cdot K}, \quad (5.3)$$

здесь  $K$  – коэффициент использования смесителей во времени, равный 0,8.

Количество бетоносмесителей, необходимое для выполнения годовой программы завода (или цеха) определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot K_n \cdot K_p}{K_1 \cdot K_2 \cdot n \cdot y \cdot Q \cdot \psi}, \quad (5.4)$$

где  $P_z$  – годовая производительность цеха (завода), м<sup>3</sup>;

$K_n$  – коэффициент, учитывающий потери бетонной смеси, равен 1,05;

$K_p$  – коэффициент резерва производства ( $K_p=1,15$ );

$K_1$  – коэффициент использования рабочего времени в смену,  $K_1=0,95$ ;

$K_2$  – коэффициент использования годового фонда рабочего времени,  $K_2=0,9$ ;

$\psi$  – коэффициент, учитывающий неравномерность потребления,  $\psi=0,8$ .

Обычно принимают 2...4 бетоносмесителя.

Расход материала на замес цементобетонной смеси  $V_{\text{цб}}$  определяется по формуле:

$$V_{\text{цб}} = \frac{V_{\text{см}} \cdot Ц \cdot \beta}{1000}, \quad (5.5)$$

где  $V_{\text{см}}$  – паспортная емкость смесителя (м<sup>3</sup>, л);

$Ц$  – расчетный расход цемента, кг/м<sup>3</sup>;

$\beta$  – коэффициент выхода бетонной смеси.

Коэффициент выхода бетонной смеси определяется по формуле:

$$\beta = \frac{V_{\text{бс}}}{V_{\text{ц}} + V_{\text{н}} + V_{\text{иц}}}, \quad (5.6)$$

где  $V_{\text{бс}}$  – объем готовой бетонной смеси, л;

$V_{ц}, V_n, V_{щ}$  – соответственно объемы цемента, песка и щебня, л.

При больших значениях  $\beta$  (около 0,8...0,9) необходимо уменьшать дозировку компонентов смеси на 10...20% с целью повышения качества перемешивания. При определении производительности и загрузки бетоносмесителя необходимо учитывать значение  $\beta$ .

При назначении дозировок материалов учитывают фактическую влажность компонентов, уменьшая дозировку воды ( $B'$ ) на объем содержащейся в заполнителях влаги.

$$B' = B_{щ} + B_n,$$

где  $B_{щ}, B_n$  – соответственно влажность щебня и песка.

Точность дозирования компонентов смеси: для заполнителей  $\pm 2\%$ , для цемента, добавок и воды  $\pm 1\%$ .

Показателем качества перемешивания бетонной смеси является однородность, которая определяется мокрым рассевом навесок бетонной смеси, отобранных из разных участков замеса или из различных замесов. Прочность бетона и коэффициент ее вариации также характеризует однородность перемешивания при одинаковых условиях уплотнения и твердения образцов.

*Статистический контроль прочности бетона.*

В практике применяется простой способ определения прочности с использованием ультразвука. Экспериментально установлено, что скорость ультразвука ( $V_{уз}$ ) существенно зависит от крупности заполнителя данного бетона.

Строят серию экспериментальных кривых  $R_{28} = f(V_{уз})$  для различных составов бетонов и крупности заполнителя, по которым, исходя из замеренной  $V_{уз}$ , вычисляют прочность бетона  $R_{28}$  готовых изделий.

При контроле прочности бетона вычисляют также коэффициент неоднородности прочности изделия  $K_n$ :

$$K_n = \frac{R_{cp} - 3 \cdot \sigma}{R_{28}}, \quad (5.7)$$

где  $R_{cp}$  – средняя арифметическая прочность бетона на сжатие, определяемая при числе испытаний данной партии  $n$ ;

$\sigma$  – среднее квадратичное отклонение.

Величина  $\sigma$  определяется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R}_i)^2}{n - 1}}, \quad (5.8)$$

здесь  $R_i$  – прочность бетона каждого из  $n$  образцов;

$\bar{R}_i$  – среднеарифметическая прочность образцов из  $n$  измерений.

Значение величины коэффициента неоднородности  $K_n$  должно быть не ниже 0,75.

**Практическая работа №6.**  
**Расчет складского хозяйства и внутризаводского транспорта АБЗ и ЦБЗ.**

Проект складского хозяйства материалов включает:

- расчеты запасов хранения;
- определение площади складов;
- обоснование способов погрузочно-разгрузочных работ.

Различают три вида запаса материалов: минимальный, максимальный и текущий.

Минимальный (неснижаемый) запас  $V_{\min}$  – это такое количество хранимых материалов, которого достаточно для ведения строительства с заданными темпами в течении строительного сезона. Этот запас определяют по формуле:

$$V_{\min} = n \cdot p \cdot K_n, \quad (6.1)$$

где  $K_n$  – коэффициент, учитывающий потери материала при хранении, погрузке и разгрузке, равный 1,01-1,02;

$n$  – минимальная норма запасов хранения материалов (в днях), принимаемая в зависимости от вида материала и условий доставки его на строительство (см. таблицу 6.1);

$p$  – суточный (сменный) расход данного материала, т или м<sup>3</sup>.

$$p = \frac{V}{D_p}, \quad (6.2)$$

где  $V$  – суммарная потребность каждого материала за строительный сезон;

$D_p$  – число рабочих дней в строительном сезоне.

Таблица 6.1 – Величина минимальной нормы запаса материалов  $n$

наименование материалов	доставляются транспортом		
	железнодорожным	автомобильным на расстояние	
		более 50 км	до 50 км
битум, битумные эмульсии, лесные материалы, химические добавки	25-30	15-20	12
цемент, минеральный порошок, известь, стекло, металлоконструкции	20-25	10-15	8-12
щебень, гравий, песок, шлак, кирпич, сборные железобетонные конструкции	15-20	7-12	5-10

Максимальный запас  $V_{\max}$  – это предельное количество материалов, которое можно (допустимо) хранить на складах, определяется по формуле:

$$V_{\max} = V_0 \cdot m \cdot K_n, \quad (6.3)$$

где  $V_0$  – общая потребность в данном материале на строительный сезон  
 $m$  – максимальная норма хранения материалов, принимается:

- для привозных каменных материалов (щебень) – 0,3;
- при собственной заготовке (песок, гравий) – 0,5;
- для порошкообразных (цемент, известь, минеральный порошок) – 0,15;
- жидких органических вяжущих (битум) – 0,3.

Текущий запас  $V_T$  – характеризует количество хранимого в данный момент материала. Очевидно, что

$$V_{\min} \leq V_T \leq V_{\max}$$

После определения  $V_{\min}$  и  $V_{\max}$ , вычисляют требуемые площади складов. Как правило, их определяют в расчете на максимальный запас хранения материалов ( $V_{\max}$ ).

При хранении щебня, гравия, песка, шлака открытым способом полезную площадь складов  $S_n$ , м<sup>2</sup> вычисляют по формуле:

$$S_n = \frac{V_{\max} \cdot K}{h}, \quad (6.4)$$

где  $V_{\max}$  – максимальный запас материала, м<sup>3</sup>;

$K$  – коэффициент, учитывающий устойчивость штабеля, равный 1,2 – 1,4;

$h$  – высота штабеля, м.

При хранении материалов (кроме органически вяжущих), в закрытых складах (или под навесом) полезная площадь, определяется по формуле:

$$S_n = \frac{V_{\max}}{n}, \quad (6.5)$$

где  $n$  – предельное количество материала, укладываемого на 1 м<sup>2</sup> полезной площади склада. Ориентировочные значения  $n$  (в тоннах) приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Значения  $n$  с учетом хранения

вид материала и условия его хранения	$n$ , т
минеральный порошок, цемент (хранение навалом)	2-3
то же, в силосах	до 15-20
при хранении извести навалом	до 2,5
арматурная сталь в бухтах	1,2
прутковая сталь	4,0
швеллера, двутавры	1,0
уголки	2,5
рулонные материалы	до 30 рулонов

На территории складов устраивают проезды для транспорта, проходы, служебные помещения, противопожарные разрывы и др. Поэтому общая площадь складов  $S_0$  превышает его полезную площадь  $S_n$ .

$$S_0 = \alpha \cdot S_n, \quad (6.6)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь; он равен: для открытых складов 1,2-1,3; бункерных и силосных 1,3-1,4; универсальных 1,5-1,7.

Минимальная ширина проездов принимается равной габаритной ширине транспорта, она должна быть не менее: 5,5 м при двустороннем и 3,5 м – при одностороннем движении. Иногда эти размеры увеличивают на 1-1,25 м для прохода рабочих.

По вычисленной площади  $S_0$  устанавливают размеры складов в плане. Обычно склады имеют прямоугольную форму. Ширину склада  $b$  назначают в зависимости от условий хранения материалов, радиуса разгрузки кранов, длины бетонных конструкций и др. обычно величина ширины складов находится в пределах 20-50м.

Затем вычисляют длину склада

$$L = \frac{S_0}{b}, \text{ м} \quad (6.7)$$

Для повышения производительности труда и снижения себестоимости складских расходов большое значение имеет организация погрузочно-разгрузочных работ.

Погрузочно-разгрузочные средства выбирают в зависимости от вида транспортных средств, вида материалов, темпов строительства, типа склада, а также с учетом возможности комплексной механизации и автоматизации этих работ.

Желательно, чтобы на территории склада был железнодорожный тупик (или два: для разгрузки щебня, гравия и битума при одновременности совершаемых операций).

Длину железнодорожного пути у разгрузочной площадки вычисляют по формуле:

$$L_p = l_m \frac{n \cdot K_n}{q_m}, \text{ м} \quad (6.8)$$

где  $l_m$  – длина единицы транспортных средств, м;

$n$  – количество одновременно подаваемого груза, т;

$q_m$  – грузоподъемность единицы транспорта, т (50-80т);

$K_n$  – коэффициент, учитывающий неравномерность подачи транспортных средств, равный 1,2-1,3.

Иногда длина склада зависит от длины фронта разгрузки. Минимальная длина фронта разгрузки будет равна:

$$L_m = n \cdot l_m + a \cdot (n - 1) , \text{ м} \quad (6.9)$$

где  $n$  – количество одновременно подаваемых транспортных средств;  
 $a$  – расстояние между транспортными средствами при разгрузке, м.

Расчет потребности в погрузчиках.

Производительность погрузчика составляет:

$$S = \frac{g \cdot K_y \cdot K_k \cdot K_s}{t} \quad (6.10)$$

где  $g$  – вместимость ковша, м<sup>3</sup>.

где  $t$  - продолжительность одного цикла, ч:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 \quad (6.11)$$

где  $t_1$  - время наполнения ковша, ч ;

$t_2$  - время движения, ч;

$$t_2 = \frac{L}{V} \quad (6.12)$$

$L$  – среднее расстояние возки, км;

$V$  – средняя скорость возки, км/ч;

$t_3$  - время выгрузки, ч ;

$K_y$  - коэффициент, учитывающий уклон

$K_k$  - коэффициент, учитывающий использование емкости ковша, 1;

$K_s$  - средний коэффициент использования погрузчика во времени, 0,9.

Часовая производительность погрузчика составляет:

$$Пч = \frac{\sum \text{Щ} + П + Г}{D_{pc} * 8}, \text{ м} / \text{см} \quad (6.13)$$

Потребность в погрузчиках:

$$n_{погр} = \frac{Пч}{П_n} \quad (6.14)$$

*Расчет складов цемента.*

Склады цемента предназначены для хранения цемента, а также для приема его из транспортных средств и выдачи в расходные бункера бетоносмесительных цехов.

В настоящее время разработали типовые проекты автоматизированных силосных складов цемента с вместимостью от 240 до 720т – для притрассовых складов (табл. 6.3) и от 240 до 4000т для прирельсовых складов (табл. 6.4)



Таблица 6.3 - Типовые притрассовые склады цемента

Показатели	Вместимость склада, т			
	240	360	480	720
Производительность склада по выдаче цемента, т/ч	45(20*)	45(20)	45(20)	45(20)
Количество силосов, шт.	4	6	4	6
Вместимость одного силоса, т	60	60	120	120
Диаметр силоса, м	3	3	3	3
Высота силоса, м	4	6	4	6
Установленная мощность оборудования, кВт	42,8(50,8)	52,8(60,8)	42,8(50,8)	52,8(60,8)
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /мин	9,3 (10,5)	9,3 (10,5)	9,3 (10,5)	9,3 (10,5)
Расход тепла на отопление склада при температуре окружающего воздуха 30°С, кДж/ч	43000	43000	43000	43000
Количество обслуживающего материала, чел.	2	2	2	2

\*В скобках – показатели для варианта выдачи цемента пневматическим винтовым насосом (остальные данные для варианта с пневматическим винтовым подъемником).

Таблица 6.4 – Техническая характеристика типовых прирельсовых складов цемента

Показатели	Вместимость склада, т							
	240	360	480	720	1100	1700	2500	4000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Производительность склада по приему цемента, т/ч: из вагонов бункерного типа	38	38	38	38	70	70	100	100
Производительность склада по выдаче цемента, т/ч: струйным насосом	16,5	16,5	16,5	16,5	-	-	-	-
пневмовинтовым насосом	20	20	20	20	20	20	20	20
камерным насосом	30	30	30	30	-	-	-	-
винтовым конвейером	30	30	30	30	40	40	40	40
Количество силосов, шт.	4	6	4	6	4	6	4	6
Диаметр одного силоса, м	3	3	3	3	6	6	6	6
Высота силоса, м	10,1	10,1	16,1	16,1	14,74	14,74	25,54	25,54

Установленная мощность оборудования, кВт	141,55	156,05	141,55	156,05	192	244	291	343
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /мин	36,4	36,4	36,4	36,4	71,48	71,48	71,48	71,48
Расход тепла на отопление склада при температуре окружающего воздуха - 30°С, кДж/ч	43000	43000	43000	43000	51500	51500	51500	51500

Примечание. 1. Производительность каждого склада по приему цемента из крытых вагонов составляет 20 т/ч из вагонов-цементовозов с пневматической выгрузкой – 95 т/ч.

2. Каждый прирельсовый склад обслуживают 4 чел.

В качестве основного применяется пневматический транспорт цемента. В зависимости от расположения склады делятся на притрассовые и прирельсовые. Эти склады имеют одинаковые технологические схемы, отличаются только составом оборудования и имеют различную производительность по приему и выдаче цемента.

В типовых проектах предусмотрены прирельсовые склады в стационарном и инвентарном исполнениях. Силосные емкости стационарных складов и бункеры приемного устройства железобетонные, а в инвентарных складах – металлические. Прирельсовые склады вместимостью от 1100 до 4000 т отличаются от группы складов вместимостью 240 – 720 т тем, что имеют в своем составе силосы диаметром до 6 м и оборудование большей производительности.

Склады цемента проектируются в соответствии с технологическими нормами (табл. 6.5)

Таблица 6.5 – Некоторые показатели технологических норм проектирования складов цемента

Наименование	Норма
1. Запас цемента на складе при поступлении, расчетные рабочие сутки: - железнодорожным транспортом - автотранспортом	7-10 5-7
2. Число емкостей для хранения цемента на предприятиях производительностью: - до 100 тыс. м <sup>3</sup> в год - то же, свыше 100 тыс. м <sup>3</sup> в год	не менее 4 не менее 6
3. Коэффициент заполнения емкостей	не менее 0,9
4. Средняя плотность цемента, т/м <sup>3</sup> : - минимальная расчетная в разрыхленном состоянии (для расчетов складов) - максимальная в слежавшемся состоянии (для расчета емкостей на прочность)	1 1,75

Производительность пневматических установок для транспортирования цемента определяется по формуле:

$$P_y = 2,84 \cdot \rho_g \cdot m \cdot V \cdot D^2, \text{ кг/с} \quad (6.15)$$

где  $\rho_g$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>, равная 1,29;

$m$  – весовая концентрация смеси «цемент-воздух», кг/кг;

$V$  – скорость движения смеси по трубопроводу, м/с, принимаемая 9...25 м/с;

$D$  – внутренний диаметр трубопровода, м, равный 150...300 мм.

Расход воздуха ( $Q_B$ ) зависит от концентрации аэросмеси и производительности установки и определяется по формуле:

$$Q_g = \frac{Q_M}{\mu \cdot \rho_g}, \text{ кг/с} \quad (6.16)$$

где  $\mu$  – коэффициент массовой концентрации аэросмеси;

$\rho_g$  – плотность воздуха (около 1,2 кг/м<sup>3</sup>);

$Q_M$  – производительность установки, кг/с.

Внутренний диаметр трубопровода в этом случае определяется по выражению:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_g}{\pi \cdot V_g}} \quad (6.17)$$

### **Практическая работа №7.**

#### ***Технологические расчеты тепловой обработки бетона.***

Тепловлажностную обработку железобетонных (бетонных) изделий осуществляют либо в отдельных камерах либо в камерах туннельного типа с определённой длиной конвертерной линии.

Правильность выбора камер оценивается рядом показателей.

Оборачиваемость камеры равна:

$$K_k = \frac{24}{t_k},$$

где  $t_k$  – длительность цикла работы камер, ч.

Оборачиваемость формы в камере, равна:

$$K_\phi = \frac{24}{t_k + t_\phi},$$

где  $t_\phi$  – продолжительность вне камерных операций снятия форм, чистка, смазка, установка и натяжения арматуры, транспортировка, формирование, ч.

Правильность компоновки камер и загрузки их изделий характеризует коэффициент загрузки (использования):

$$K_u = \frac{\sum V_i \cdot n_i}{V_1}, \quad (7.1)$$

где  $V_i$  – объём отдельных изделий (каждое), м<sup>3</sup>;

$V_1$  – внутренний объём камеры, м<sup>3</sup>;

$n_i$  – количество загружаемых в камеру изделий.

Количество камер туннельного типа рассчитываются там же. Длина камеры определяется длиной конвейерные линии. Ширина камеры  $B$  определяется из выражения:

$$B = b + 2 \cdot a,$$

где  $b$  – ширина вагонетки

$a$  – зазор между бортом вагонетки и стеной камеры, равный 0,3 м.

Высота камеры  $H$ , при наличии количество ярусов  $n_{я}$ , равна:

$$H = (h_1 + h_2 + h_3) \cdot n_{я} + (n_{я} - 1) \cdot h_k, \quad (7.2)$$

где  $h_1, h_2$  – соответственно высота вагонетки и рельса, м;

$h_3$  – высота зазора над вагонеткой (до консоли), равна обычно 0,1 м;

$h_k$  – высота консоли 0,15...0,25 м.

При устройстве камер непрерывного действия их часовую производительность рассчитывают по формуле:

$$Q_{ч} = \frac{T_c \cdot n_l \cdot V_{\epsilon} \cdot K_u \cdot n_{\epsilon} \cdot n_{я}}{t_n}, \text{ м}^3 \quad (7.3)$$

где  $T_c$  – продолжительность работы конвейера в течение суток, ч;

$n_l$  – количество конвейерных линий;

$V_{\epsilon}$  – объём изделия в вагонетке (м<sup>3</sup>), отнесённый к 1 часу работы тепловой обработки, м<sup>3</sup>/ч;

$K_u$  – коэффициент использования камер, равный 0,9;

$n_{\epsilon}$  – количество вагонеток по длине камеры;

$n_{я}$  – число ярусов камеры;

$t_n$  – длительность пребывания вагонеток в камерах не природного действия, ч.

Пропускная способность камера в год определяется по формуле:

$$Q_{г} = \frac{24 \cdot N \cdot K_u \cdot n_k \cdot n_{я} \cdot V_u \cdot n_{\epsilon}}{t_n}, \text{ м}^3 \quad (7.4)$$

где  $N$  - время работы камеры в течение года, ч;  
 $n_k$  - количество камер в одном ярусе;  
 $V_u$  - объём одного изделия, м<sup>3</sup>.

Число ярусов камер пропаривания:

$$n_{я} = \frac{60 \cdot T_c \cdot n_l \cdot t_n}{24 \cdot K_u \cdot n_g \cdot n_k \cdot t_k}, \quad (7.5)$$

где  $t_k$  - длительность цикла работы камеры, ч.

После технического расчёта выполняют теплотехнический. Предварительно вычисляют суммарный объём камер ( $V_i$ ):

$$\sum V_i = \frac{Q_z \cdot t_k}{N \cdot K_u}, \text{ м}^3 \quad (7.6)$$

где  $Q_z$  - годовая пропускная способность камеры, м<sup>3</sup>;  
 $V_i$  - объём одной камеры, м<sup>3</sup>.

Количество камер определяется из выражения:

$$n = \frac{\sum V_i}{V_i} + n_1, \quad (7.7)$$

где  $n_1$  - резервные камеры ( $n_1 = 1 \dots 2$ ).

Тепловой расчёт камер сводится к определению затрат тепловой энергии. Тепловые затраты на одну камеру рассчитывают следующим образом.

Общий расход тепла, ккал при числе камер  $n$  составляет:

$$Q = K_m \cdot n \cdot \sum Q_i, \quad (7.8)$$

где  $K_m$  - коэффициент, учитывающий теплопотери через щели и не плотности камер, равный 1,08...1,12;

$n$  - число камер.

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7,$$

Ниже рассмотрена составляющая расхода тепла  $\sum Q$ .

где  $Q_1$  - расход тепла в ккал на нагревание изделий массой  $m_1$ , кг от начальной температуры  $t_n$  до температуры внутри камеры  $t_k$ , °C.

$$Q_1 = m_1 \cdot C_1 \cdot (t_n - t_k) \cdot n_1, \quad (7.9)$$

где  $n_1$  – число изделий, размещающихся в одной камере;  
 $C_1$  – удельная теплоемкость цементобетонной смеси ккал/кг·град.

$Q_2$  – расход тепла на нагревание формы  $m_2$ :

$$Q_2 = m_2 \cdot C_2 \cdot (t_n - t_k) \cdot n_2, \quad (7.10)$$

где  $n_2$  – число форм, в которых размещаются изделия ( $n_2 = n_1$ );  
 $C_2$  – средняя удельная теплоемкость материала формы ккал/кг·град.

$Q_3$  – расход тепла на нагревание вагонетки, массой  $m_3$ :

$$Q_3 = m_3 \cdot C_3 \cdot (t_n - t_k) \cdot n_3, \quad (7.11)$$

где  $C_3$  – средняя удельная теплоемкость материала вагонетки ккал/кг·град;  
 $n_3$  – число вагонеток.

$Q_4$  – расход тепла на испарение воды из плит, приближенно определяется из условия, что воды испаряется в количестве, равном 1% от массы пропариваемых изделий:

$$Q_4 = (595 + 0,47 \cdot t_n - t_k) \cdot m_{изд} \cdot C_4, \quad (7.12)$$

где  $m_{изд}$  – масса изделий, кг;  
 $C_4$  – удельная теплоемкость материала пропариваемых изделий, ккал/кг·град.

Кроме перечисленных полезных затрат тепла в процессе термовлажностной обработки изделий имеются теплопотери: расход тепла в окружающую среду ( $Q_5$ ) и нагрев окружающих конструкций ( $Q_6$ ).

$Q_5$  – расход тепла, поступающего в окружающую среду в процессе изотермического прогрева:

$$Q_5 = F \cdot T_{пр} \cdot K_m \cdot (t_k - t_e), \quad (7.13)$$

где  $F$  – площадь ограждения, м<sup>2</sup>;  
 $T_{пр}$  – длительность изотермического прогрева, ч;  
 $t_k$  – температура внутри камеры, °С;  
 $t_e$  – температура наружного воздуха, °С;  
 $K_m$  – коэффициент теплопередачи, ккал/м<sup>3</sup>·ч·град, определяемая по формуле:

$$K_m = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + R + \frac{1}{\alpha_g}}, \quad (7.14)$$

здесь  $\alpha_n$ —коэффициент теплоотдачи (от камеры к наружному воздуху), ккал/м<sup>2</sup>·ч·град;

$\alpha_g$ —коэффициент тепловосприимчивости внутренней поверхности камеры, ккал/м<sup>2</sup>·ч·град;

$R$ —тепловое сопротивление ограждения камеры, состоящее из  $h_1 \dots h_n$  слоев,  $m$ , с коэффициентами теплопроводности соответственно  $\lambda_1 \dots \lambda_n$  (ккал/м<sup>2</sup>·ч·град):

$$R = \frac{h_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{h_n}{\lambda_n}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град} / \text{ккал} \quad (7.15)$$

$Q_6$ —расход тепла на нагревание ограждающих конструкций (пола, стенок, крышки):

$$Q_6 = \sum F_i \cdot m_i \cdot C_i \cdot (t_n - t_k), \quad (7.16)$$

где  $F_i$  — площадь ограждающих конструкций тепловой камеры (пола, стенок, крыши), м<sup>2</sup>;

$m_i$  — средняя масса 1 м<sup>2</sup> ограждения, кг;

$C_i$  — среднее значение удельной теплоемкости ограждающих конструкций, ккал/кг·град.

По формуле (7.15) подсчитывают расход тепла отдельно для пола, стенок, крышки и затем суммируют.

$Q_7$ —расход тепла, отдаваемого паром, заполняющим свободный объем камеры:

$$Q_7 = p \cdot (V_1 - V_2), \quad (7.17)$$

где  $p$ —теплосодержание пара, ккал/м<sup>3</sup>;

$V_1, V_2$ —соответственно объем камеры и изделий в ней, м<sup>3</sup>.

По общему расходу тепла, определенному по формуле (7.8), вычисляют среднечасовой объем пара  $\Pi_q$ :

$$\Pi_q = \frac{Q}{T_n \cdot i}, \text{ кг/ч} \quad (7.18)$$

где  $T_n$ —продолжительность периода пропаривания, ч;

$i$ —теплосодержание пара, ккал/кг.

При прогреве изделий в кассетных установках, средний расход пара на 1 м<sup>3</sup> находится в пределах от 250 до 300 кг.

Автоклавный паропрогрев. Этот процесс заключается в пропаривании бетонных изделий при повышенных температурах (175-193°С) насыщенным водяным паром с давлением 9-13 атм. Указанные параметры ускоряют режим паронагрева и способствует более быстрому набору прочности изделий.

Автоклавы представляют собой герметически закрывающиеся с хорошей теплоизоляцией камеры (диаметром 2,6 или 3,6 м, и длиной 20...30м), внутри которых на рельсах перемещаются вагонетки с изделиями.

Ориентировочная продолжительность пропаривания в автоклавах изделий из дорожных бетонов—до 10...12 ч.

Уменьшение продолжительности пропаривания может быть достигнуто повышением тонкости помола или активации цемента, вакуумированием изделий и автоклавного пространства.

Расход пара на 1 м<sup>3</sup> изделий при автоклавном паронагреве составляет 300...350 кг, что не намного больше, чем при камерном пропаривании. Однако металлоемкость автоклавов довольно значительная, что и определяет их высокую стоимость.

Тепловой расчет автоклавов производится по методике расчета камер: это тоже периодически действующие установки. Обычно, при достижении конечной температуры в автоклавах, она затем понижается медленно, что позволяет использовать пар в другом автоклаве.

В момент окончания пропаривания в автоклаве находится следующее количество тепла пара  $Q_0$ , ккал:

$$Q_0 = (V - V_1 - V_2) \cdot \rho_n \cdot i_n, \quad (7.19)$$

где  $V$ ,  $V_1$ ,  $V_2$  соответственно объемы автоклава, изделий и вагонеток с формами, м<sup>3</sup>;

$\rho_n$ —плотность пара, кг/ м<sup>3</sup>;

$i_n$ —теплосодержание пара ккал/кг.

Значение  $\rho_n$  и  $i_n$  принимаются в зависимости от давления пара.

При электронагреве железобетонных изделий мощность электроустановок определяется в зависимости от необходимого количества тепла  $Q$  ккал/ч, которое вычисляют по методике, аналогичной приведенной выше.



## **Практическая работа №8.**

### ***Расчет основных технико-экономических показателей работы производственных предприятий.***

Более 50% себестоимости дорожно-строительных работ приходится на продукцию, изготовляемую на дорожных производственных предприятиях. Поэтому при проектировании, организации или реконструкции таких предприятий большое внимание уделяют вопросам экономики. Важно не только технологически получать качественную продукцию, но и получать ее экономически целесообразной, с наименьшими материальными и энергетическими затратами.

Хозяйственная деятельность производственных предприятий оценивается системой основных и дополнительных технико-экономических показателей (ТЭП).

К основным ТЭП можно отнести:

- производительность труда;
- себестоимость;
- прибыль;
- рентабельность.

К дополнительным показателям относят уровень механизации, комплексной механизации, автоматизации и др.

#### **Производительность труда.**

Основным показателем экономической эффективности ДПП является производительность труда. Его применение позволяет оценить эффективность труда, как отдельного работника, так и коллектива.

Производительность труда измеряется количеством времени, затраченного на производство единицы продукции или количеством продукции, произведенной в единицу времени (час, смену, месяц, год).

Например, для АБЗ этот показатель характеризуется производительностью смесительного оборудования (т/ч).

Повышение производительности труда означает: экономию производственных ресурсов и является одним из важнейших факторов повышения эффективности производства.

На уровень производительности труда оказывает величина экстенсивного использования труда, интенсивность труда, а также технико-экономическое состояние производства.

Уровень производительности труда характеризуется двумя показателями: выработка продукции в единицу времени (прямой показатель) и трудоемкость изготовления продукции (обратный показатель) или процентом выполнения норм.

**Выработка.** Она определяется натуральными показателями или в денежном выражении на одного работника ДПП (с учетом ИТР и служащих) за час, смену, месяц, год. Например, выработка на одного работника за смену на конкретном АБЗ составляет 20т. или  $N$  руб. выработка в денежном

выражении изменяется в зависимости от стоимости выпускаемой продукции в текущих ценах.

**Трудоемкость.** Определяется величиной затрат рабочего времени в человеко-часах или в человеко-днях на единицу выпускаемой продукции.

Показатели трудоемкости часто используют для определения потребности в рабочей силе. При этом трудоемкость является нормой затраты рабочей силы.

**Себестоимость единицы выпускаемой продукции.**

Один из основных экономических показателей работы ДПП. Себестоимость это сумма всех затрат, связанных с изготовлением продукции ДПП в процессе ее производства. В эти затраты включаются затраты на сырье, основные и вспомогательные материалы, топливо, электроэнергия, амортизация основных фондов, зарплата работников ДПП (с начислениями).

Себестоимость включает:

- прямые затраты (ПЗ);
- общехозяйственные и общепроизводственные (ОХР и ОНР).

К прямым затратам относятся:

- стоимость оплаты труда рабочих на ДПП;
- затраты на эксплуатацию машин и механизмов;
- затраты на материалы, предназначенные для изготовления выпускаемой продукции.

Себестоимость единицы продукции рассчитывают по стандартной сметной форме.

Пример укрупненного расчета себестоимости приготовления 100т мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа А, плотностью каменных материалов 2,5 – 2,9 т/м<sup>3</sup> из фракционного щебня для горячей укладки приведен в таблице 8.1.

Основанием для расчета являются нормативы расхода ресурсов в натуральном выражении на строительные конструкции и работы (Автомобильные дороги :НРР 8.03.127-2017).

Таблица 8.1 Приготовление асфальтобетонной смеси типа А плотной мелкозернистой, плотностью каменных материалов 2,5-2,9 т/м<sup>3</sup>, из фракционного щебня (гравия) для горячей укладки.  
единица измерения 100т

Наименование элементов, затрат	Ед. изм.	Норма расхода	Стоимость, руб.			
			за единиц	транспорт	Всего	в т.ч. транспорт
1	2	3	4	5	6	7
Затраты труда рабочих строителей	чел-ч	22,58				
Заработная плата рабочих строителей	руб				103,19	

<b>Итого по зарплате</b>	<b>руб</b>				<b>103,19</b>	
Заводы асфальтобетонные производительностью с дистанционным управлением, 50 т/ч	Маш. -ч	3,24	1056,75		3423,87	
<b>Итого по механизмам в т.ч. зарплата</b>	<b>руб руб</b>				<b>3423,87 223,89</b>	
Порошок минеральный	т	6,68	34,39	8,63	287,38	57,65
Песок для строительных работ природный высшего класса	м <sup>3</sup>	22,8	5,26	3,2	192,89	72,96
Битум вязкий	т	5,61	401,43	28,83	2413,76	161,74
Поверхностно-активные вещества	т	0,42	4250	212,5	1874,25	89,25
Отсев из материалов дробления горных пород	м <sup>3</sup>	19,05	0,43	12,79	251,84	243,65
Щебень из природного камня для строительных работ марки 1400, 4 группы, фракция 5-20 мм	м <sup>3</sup>	19,05	19,22	14,31	638,75	272,61
<b>Итого по материалам</b>	<b>руб</b>				<b>5658,87</b>	
<b>Итого прямые затраты в т.ч. зарплата</b>	<b>руб руб</b>				<b>9185,93 327,08</b>	
ОПР и ОХР	%	48,89			159,91	
<b>Итого</b>	<b>руб</b>				<b>9345,84</b>	
Затраты, связанные с отчислениями на социальное страхование	%	34			111,21	
<b>Итого себестоимость</b>	<b>руб</b>				<b>9457,05</b>	
Плановая рентабельность	%	12			1134,85	
<b>Всего</b>	<b>руб</b>				<b>10591,9</b>	
<b>Стоимость 1 тонны</b>	<b>руб</b>				<b>105,92</b>	

Перечень элементов затрат в таблице приводится по НРР или в соответствии с технологическим процессом работы данного предприятия. Сметная стоимость на единицу измерения соответствующих видов работ (графа 3) принимается для рабочих по единичным нормам времени и расценкам; для машин и механизмов – по стоимости 1 машино-час. Стоимость материалов рассчитывают по стандартной форме – калькуляции стоимости материалов.

Затраты – количество единиц (графы 3,4) – принимают по НРР или устанавливают специальным расчетом.

Себестоимость является комплексным показателем, который всесторонне характеризует деятельность производственного предприятия.

Снижение себестоимости – основная задача деятельности дорожных предприятий – должно осуществляться путем рационального использования

материальных, трудовых и финансовых ресурсов, соблюдения строжайшей экономии.

Анализ элементов затрат себестоимости показывает, что примерно 70 % затрат приходится на сырье и материалы, примерно 10 % - на эксплуатацию машин и механизмов и остальное - на оплату труда.

Поэтому при изыскании путей снижения себестоимости большое внимание уделяют замене дорогостоящих привозных материалов более дешевыми местными, при условии сохранения заданных физико-механических свойств выпускаемой продукции.

Повышению производительности труда и снижению себестоимости способствует внедрение комплексной механизации и автоматизации технологических процессов производственных предприятий.

### **Рентабельность предприятия (ДПП).**

Рентабельность предприятия - обобщающий экономический показатель, позволяющий оценить эффективность деятельности ДПП за месяц, квартал, год. Он показывает, что средствами, получаемыми ДПП от реализации своей продукции, эти предприятия полностью возмещают затраты на производство продукции и обеспечивают сверх того получение прибыли ( $\Pi$ ). рентабельность ДПП характеризуется показателем рентабельности ( $R$ ), выражаемый в %.

Прибыль от реализации продукции ДПП ( $\Pi$ ) – цель производственной деятельности ДПП и критерий эффективности.

$$\Pi = B - C, \text{ руб} \quad (8.1)$$

где  $B$  – выручка от реализации продукции в отпускных ценах;

$C$  – себестоимость реализованной продукции.

Если величина прибыли имеет отрицательное значение, значит предприятие работает нерентабельно (убыточно).

Дорожные производственные предприятия должны не только систематически выполнять и перевыполнять план по объему выпускаемой продукции, повышать производительность труда при хорошем качестве изделий, но и работать рентабельно, т.е. быть прибыльными.

Показатель рентабельность продукции ( $R$ ) рассчитывают по формуле:

$$R = \frac{B - C}{C} \cdot 100, \quad (8.2)$$

Повышение рентабельности является основным экономическим законом хозяйственной деятельности дорожных производственных предприятий и достигается преимущественно снижением себестоимости продукции.

По приведенным выше ТЭП можно в целом судить об эффективности работы дорожных предприятий.

Оценивать экономическую эффективность работы производственных предприятий дорожной отрасли, независимо от степени их самостоятельности (находится предприятие на балансе дорожно-

строительной организации или нет), следует по типовой методике, включающей четыре группы показателей эффективности производства:

- использование труда;
- использование основных фондов;
- использование оборотных средств и капитальных вложений;
- использование материальных затрат (включая транспортные и заготовительно-складские расходы)

Эффективность использования труда оценивается, прежде всего, с помощью темпов роста производительности труда, причем при планировании показателей по труду важно устанавливать правильное опережение темпов роста производительности труда над темпами роста заработной платы.

Одним из важнейших показателей эффективности работы производственных предприятий является фондоотдача, общенно характеризующая уровень эффективности использования основных (или основных и оборотных) промышленно-производственных фондов предприятия. Показатель фондоотдачи определяется путем деления годового объема реализованной продукции в денежном выражении ( $V$ ) к среднегодовой, полной балансовой стоимости ОПФ в виде:

$$\Phi_0 = \frac{V_{с.г.}}{ОПФ_{с.г.}} \quad \text{руб/руб} \quad (8.3)$$

Оборачиваемость оборотных средств принято характеризовать коэффициентом оборачиваемости, рассчитываемый как отношение годового объема продукции к среднегодовой стоимости нормируемых оборотных средств (ОС)

$$K_0 = \frac{V_{с.г.}}{ОС_{с.г.}} \quad (8.4)$$

Дополнительно определяется длительность одного оборота оборотных средств ( $D_0$ ) в днях по следующей зависимости:

$$D_0 = \frac{360}{K_0} \quad (8.5)$$

При сопоставлении нескольких вариантов хозяйственных и технических решений по развитию и функционированию базы дорожного строительства, размещению производственных предприятий, строительству новых и реконструкции действующих предприятий, а также при выборе взаимозаменяемых видов дорожно-строительных материалов (ДСМ) следует использовать показатели сравнительной экономической эффективности - минимум приведенных материальных затрат, коэффициент экономической эффективности и срок окупаемости.

Выбор площадок того или иного расположения АБЗ, ЦБЗ, полигона или других предприятий обосновываются технико-экономическим расчетом, исходя из ряда соображений. Стоимость продукции предприятия  $C$  равна стоимости

материалов франко-предприятия  $C_m$ , стоимости переработки материалов и приготовления полуфабриката  $C_{пф}$  и стоимости транспортных расходов  $C_t$

$$C = C_m + C_{пф} + C_t \quad (8.6)$$

Стоимость материалов франко-предприятия определяют по калькуляциям стоимости материалов. Стоимость переработки материалов и приготовления полуфабрикатов состоит из единовременных затрат  $C_e$ , и затрат на переработку продукции  $C_n$

Величину единовременных затрат в данном случае рассчитывают по формуле

$$C_t = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_4}{V} \quad (8.7)$$

где  $C_1$  - затраты на монтаж оборудования, руб

$C_2$ . ;затраты на передислокацию предприятия, руб. ;

$C_3$ - затраты на строительство временных зданий и сооружений, руб.

$C_4$ ;затраты на аренду участка, руб. ;

$V$  - суммарный объем продукции, выпускаемый предприятием за период дислокации в данном месте.

Основными составляющими единовременных затрат являются расходы на передислокацию и монтаж оборудования. Величину затрат  $C_{н.ф.}$  определяют расчетом. Суммарный объем продукции, вырабатываемой предприятием на одном месте, зависит от протяженности участка дороги, который обслуживает предприятие. При увеличении длины участка возрастают дальность транспортировки продукции и транспортные затраты, но уменьшаются единовременные расходы, отнесенные к единице продукции. Оптимальную длину участка дороги, который может обслуживаться од-ним предприятием, определяют по формуле

$$L = 2\mu \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{P}} \quad (8.8)$$

где  $P$  - потребность в полуфабрикатах данного предприятия на 1 км дороги;

$\mu$  - транспортный коэффициент, величину которого вычисляют по формуле

$$\mu = \sqrt{\frac{TK_B qV}{2(A + BTK_B V)}} \quad (8.9)$$

Здесь  $T$  - продолжительность смены, ч;

$K_B$ - коэффициент использования смены для автомобилей;

$q$  - грузоподъемность автомобилей,;

$V$  средняя скорость доставки полуфабрикатов данного предприятия автомобильным транспортом на трассу, км/ч;

$A$ ,  $B$  - коэффициенты, зависящие от себестоимости машино-смены автомобиля. Значение коэффициента для наиболее распространенных автомобилей-самосвалов зависит от их грузоподъемности.

Грузоподъемность автомобиля-самосвала, т 3,5 6 10 25  
3.7 4 4.3 4.4

Затем подсчитывают единовременные затраты.

Транспортные расходы могут быть определены по приближенной формуле

$$C_m = C_n + P_t \frac{2l^2 + L^2 + 2Ll}{2} \quad (8.10)$$

где  $C_n$  - стоимость погрузочно-разгрузочных работ для 1 т материала;

$t$  - тариф стоимости ткм перевозки груза с производственного предприятия на трассу;  $l$

$l$  - средняя дальность перевозок, км.

Суммарная стоимость продукции предприятия на месте укладки с учетом приведенных выше зависимостей определяется выражением

$$C = C_b + C_{n.ф.} + P_t \frac{2l^2 + L^2 - 2Ll}{2} \quad (8.11)$$

Сравнивая значения  $C$  по вариантам, определяют оптимальное место размещения завода.

Чтобы повысить эффективность работы производственных предприятий, систематически модернизируют оборудование и машины, внедряют комплексную механизацию и автоматизацию. Для оценки экономической эффективности внедренных мероприятий (новой техники) производят экономический расчет.

Экономический эффект от внедрения новой техники (сумму экономии за год) вычисляют по формуле

$$\Delta = [(C_1 + EK_1) - (C_2 + EK_2)]V \quad (8.12)$$

где  $C_1, C_2$  - себестоимость единицы продукции до и после внедрения новой техники;

$K_1, K_2$ , - удельные капиталовложения до и после внедрения новой техники;

$V$  - годовой объем продукции;

$E$  - нормативный коэффициент экономической эффективности капиталовложений, определяемый из зависимости  $E$

$$E = \frac{1}{T_0} \quad (8.13)$$

Здесь  $T_0$  - срок окупаемости, характеризующий, за сколько лет дополнительные капиталовложения на новую технику окупятся вследствие снижения себестоимости продукции.

Чем меньше  $T_0$ , тем эффективнее используются капиталовложения. Максимальные значения принимаются равными трем годам при модернизации оборудования и шести годам при внедрении новых машин и оборудования. В настоящее время определение экономической эффективности новой техники производится по специальной методике, предполагающей следующую последовательность расчетов:

- расчет годового экономического эффекта от применения новых технологических способов производства дорожно-строительных материалов, механизации и автоматизации производства, энергосбережения, способов организации производства труда.

## **Требования и рекомендации к выполнению курсовой работы**

Курсовой проект «Проектирование асфальтобетонного завода» имеет целью обобщить и закрепить знания, полученные студентом при изучении раздела «Предприятия по производству асфальтобетонных смесей и изделий из них» курса «Производственные предприятия дорожного хозяйства», развить навыки самостоятельной творческой работы, а также научить пользоваться нормативной и справочной литературой. Выполнение курсового проекта позволит привить навыки выполнения обоснованных расчетов потребности дорожно-строительных материалов для приготовления асфальтобетонной смеси, годового фонда рабочего времени, количества смесителей, запаса материалов, площадей складов и необходимых энергоресурсов.

На выполнения курсового проекта согласно учебному плану выделяется 60 часов.

### **ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА:**

Введение (цель, задачи, пути решения).

п.1 Расчетная часть курсового проекта.

1.1 Расчет годового фонда рабочего времени.

1.2 Расчет потребности исходных материалов по видам смесей.

1.3 Выбор типа смесителей и расчет их количества.

1.4 Расчет складского хозяйства и внутривозвратной транспорта.

1.5 Расчет потребности энергоресурсов.

1.5.1 Пар (с тепловым расчетом и приямка и битумохранилища).

1.5.2 Электроэнергия.

1.5.3 Сжатый воздух.

1.5.4 Вода.

п.2 Технологическая часть.

2.1 Проектирование прогрессивной технологии приготовления асфальтобетонных смесей.

2.2 Состав комплекта основного и вспомогательного оборудования АБЗ.

2.3 Инженерные сети АБЗ.

п.3 Разработка генерального плана АБЗ.

п.4 Контроль качества продукции АБЗ.

4.1 Контроль качества исходных материалов.

4.2 Контроль качества дозирования.

4.3 Контроль температурного режима.

4.4 Контроль качества готовой продукции.

4.5 Аттестация, сертификация продукции. Паспорт смеси.

п.5 Основные ТЭП.

п.6 Охрана труда, окружающей среды и противопожарная защита.

Заключение.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский национальный технический университет

Факультет транспортных коммуникаций

Кафедра "Автомобильные дороги"

## **КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

по дисциплине: «Производственные предприятия дорожной  
отрасли»

на тему: «Проектирование асфальтобетонного завода»

Исполнитель проекта:

Руководитель проекта:

Содержание

**ВВЕДЕНИЕ**

**РАЗДЕЛ 1. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

**1.1. Расчёт годового фонда рабочего времени**

**1.2. Расчёт потребности исходных материалов по видам смесей**

**1.3. Выбор типа смесителя и расчет их количества**

1.4. Расчет складского хозяйства и внутривозвездской транспорта

1.5. Расчет потребности в энергоресурсах

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Проектирование прогрессивной технологии приготовления асфальтобетонных смесей

2.2. Состав комплекта основного и вспомогательного оборудования

АБЗ

2.3. Инженерные сети АБЗ

РАЗДЕЛ 3. РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ЗАВОДА

РАЗДЕЛ 4. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ АБЗ

4.1. Контроль качества исходных материалов

4.2. Контроль качества дозирования составляющих и смесей

4.3. Контроль температурного режима составляющих и смесей

4.4. Контроль качества готовой продукции

4.5. Аттестация, сертификация продукции. Паспорт смеси

РАЗДЕЛ 5. ОСНОВНЫЕ ТЭП

РАЗДЕЛ 6. ОХРАНА ТРУДА, ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

## ВВЕДЕНИЕ

Целью выполнения данного курсового проекта является изучение проектирования асфальтобетонного завода. Закрепление теоретических знаний, полученных при изучении основных и смежных дисциплин по технологии получения дорожно-строительных материалов на производственных предприятиях дорожной отрасли. Умение самостоятельно пользоваться нормативной и справочной литературой.

Задачами курсового проекта являются:

- расчет годового фонда рабочего времени;
- расчет потребности исходных материалов по видам смесей;
- выбор типа смесителя и расчет их количества;
- расчет складского хозяйства и внутризаводского транспорта;
- расчет потребности в энергоресурсах;
- разработка генерального плана АБЗ;
- разработка технологической схемы основного производства.



## 1.2 Расчет потребности исходных материалов по видам смесей

Таблица 1.2 - Расчёт потребности исходных материалов для приготовления асфальтобетонных смесей

Основа ние	Наименование смеси	Единица измере ния <hr/> кол-во ед. изме- рения	Потребность в исходных материалах						
			Ще- бень 20-40 мм, м <sup>3</sup>	Ще- бень 10-20 мм, м <sup>3</sup>	Ще- бень 5-10 мм, м <sup>3</sup>	Песок м <sup>3</sup>	Битум, т	Минеральный порошок, т	ПАВ, т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Итого									

1. Для горячих мелкозернистых плотных а/б смесей типа А, Б, В, укладываемых в верхних слоях покрытия, количество щебня фракции 5...10 мм – 64%, фр. 10...20 мм – 36% от норм.

2. Для горячих крупнозернистых пористых и высокопористых, а так же мелкозернистых пористых а/б смесей, укладываемых в нижние слои покрытия и основание, количество щебня фракции 5...10 мм – 33%, фр. 10...20 мм – 42%, фр. 20...40 мм – 25% от норм.

### 1.3 Выбор типа смесителей и расчет их количества

Имея годовую суммарную потребность в асфальтобетонной смеси  $Q$  каждого типа, расчетную продолжительность строительного сезона в сменах  $D_{рс}$  и коэффициент использования оборудования ( $K_B=0,85-0,90$ ), можно определить потребность асфальтобетонной смеси в смену по формуле:

$$P_{см} = \frac{Q}{D_{рс}} * K_B, \frac{т}{см}; \quad (1.6)$$

$$P_ч = \frac{P_{см}}{T_{см}}, \frac{т}{ч}; \quad (1.7)$$

$$N_c = \frac{P_ч}{P_T}, \text{ шт.} \quad (1.8)$$

В табличной форме приводятся технические характеристики выбранного смесителя.

Таблица 1.3 – Технические характеристики асфальтобетонного смесителя

Мобильность	
Производительность номинальная при влажности исходных материалов (песка и щебня) до 3%, т/ч	
Установленная мощность, кВт, не более	
Вместимость бункеров агрегата питания, шт. х м <sup>3</sup>	
Тип питателей	
Диапазон регулирования скорости питателей	
Ширина ленты конвейеров, мм	
Сушильный барабан, диаметр х L, мм	
Привод сушильного барабана	
Вид топлива	
Количество фракций дозируемого каменного материала, шт.	
Вместимость бункера горячих каменных материалов, м <sup>3</sup>	
Максимальная масса замеса, кг	
Тип мешалки	

Время приготовления одного замеса,сек.	
Общая вместимость бункеров агрегата готовой смеси, т (м <sup>3</sup> )	
Способ загрузки готовой смеси в автотранспорт	
Наличие инфракрасного пирометрического датчика контроля температуры асфальта	
Общая вместимость бункеров агрегата минерального порошка, м <sup>3</sup>	
Общая вместительность бункера агрегата пыли, м <sup>3</sup>	
Общая вместимость цистерн для битума, м <sup>3</sup>	
Тип пылеулавливающего устройства	
Тип дозаторов	
Система управления	
Привод исполнительных механизмов	

#### 1.4 Расчет складского хозяйства и внутривозводской транспорт

Все склады делят по виду продукции и по способу хранения (открытые и закрытые, склады для хранения органических вяжущих в виде наземных и подземных битумохранилищ). Все заполнители (песок, щебень, гравий) хранятся на открытых складах. Минеральный порошок хранится в закрытых емкостях, как для цемента. Битум хранится в битумохранилищах закрытого типа.

Проектирование складского хозяйства завода сводится к определению запасов хранения материалов, площадей складов, обоснование способов погрузочно-разгрузочных работ.

При установлении запасов хранения материалов следует учитывать, что сверхнормативные запасы требуют больших площадей хранения, большого числа обслуживающего персонала и значительного расхода средств. Вместе с тем, малые запасы материалов, ставят под угрозу обеспечение строительства с заданными темпами. Поэтому организация снабжения должна быть такой, чтобы при запланированных темпах строительства длительность пребывания была минимальной.

Различают 3 вида запасов:

- минимальный
- максимальный
- текущий.

Минимальный запас – такое количество хранимых материалов, которое достаточно для ведения строительства с заданными темпами в расчетный период:

$$V_1 = n \cdot \rho \cdot K_n, м^3 \quad (1.9)$$

где  $n$  – минимальный нормальный запас материала (в сутках), который принимается от вида материалов и доставки его на АБЗ;

$\rho$  - суточный расход данного материала, т или м<sup>3</sup>:

$$\rho = \frac{Q}{D_p} \cdot m \quad (1.10)$$

где  $Q$  – годовая потребность материала за строительный сезон;

$D_p$  - итоговое число рабочих дней в строительном сезоне;

$K_n$ - коэффициент, учитывающий потери материала при хранении, погрузке или разгрузке, равный 1,02%.

В условиях РБ битум, минеральный порошок и щебень доставляют железно-дорожным транспортом,  $n = 25, 20, 15$  соответственно.

Песок доставляют автосамосвалом до 50 км,  $n = 10$ .

Таблица 1.4 – Минимальные нормы запасов материалов ( $n$ )

Наименование материала	Норма запаса при перевозке, сут		
	ж/д транспорт	Автотранспорт более 50 км	Автотранспорт до 50 км
Битум	25-30	15-20	12
Щебень	15-20	7-12	5-10
Мин. Порошок	20-25	10-15	8-12

В таблице 1.5 приведены сроки минимального запаса хранения исходных материалов и все показатели для их расчетов.

Таблица 1.5– Минимальный запас хранения материалов

Наименование материалов	Значения параметров					Минимальный запас $V_1, м^3$
	Q, т	$D_{рс}, сут$	$n$	$K_n$	P	
1	2	3	4	5		7
Песок для строительных работ природный высшего класса, м <sup>3</sup>						
Битум нефтяной дорожный, т						
Щебень всех фракций, м <sup>3</sup>						
Минеральный порошок, т						
ПАВ, т						

Максимальный запас - это предельное количество материалов, которое можно хранить на запроектированных складах.

Максимальный запас материалов рассчитывают по формуле:

$$V_2 = V_0 \cdot m \cdot K_n, м^3 \quad (1.11)$$

где:



$V_0$  - общая потребность на сезон в данном материале;  
 $m$  - максимальная норма хранения расходных материалов;

По аналогии заполняется таблица максимальных запасов материалов с учетом показателей.

Установив максимальный запас хранения материалов, вычисляют требуемые площади складов.

При хранении щебня, гравия, песка полезную площадь складов  $S_n$  определяют по формуле:

$$S_n = \frac{V_2 \cdot K_y}{h}, \text{ м}^2 \quad (1.12)$$

где:

$V_2$  - максимальный запас, м<sup>3</sup>;

$K_y$  - коэффициент, учитывающий устойчивость штабеля, равный 1,2 - 1,3;

$h$  - высота штабеля хранения ( $h = 3 - 5$  м). МП хранится в закрытых складах (типовые склады для цемента).

Чем выше высота штабеля, тем больше объем склада.

При хранении материалов в закрытых складах или под навесом полезная площадь :

$$S = \frac{V_2}{n} \text{ м}^2 \quad (1.13)$$

где:

$n$  - предельное количество материала, укладываемого на 1 м<sup>2</sup> полезной площади склада (15-20 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>).

На территории склада устраивают проезды для транспорта, проходы противопожарные разрывы и т.д.

$$S_0 = S_n \cdot \alpha \text{ м}^2 \quad (1.14)$$

где:

$\alpha$  - коэффициент, учитывающий дополнительную площадь; для открытых складов 1,2 - 1,3; бункерных и силосных 1,3-1,4.

Минимальная ширина проезда должна быть не менее 5,5 м при двухстороннем движении и 3,5 м - при одностороннем.

При проектировании складов принимают размеры в плане в виде прямоугольной форме. Ширину складов назначают 20-50 м в зависимости от условий хранения материалов, радиуса используемых кранов. После этого вычисляют длину склада  $L$ :

$$L = \frac{S_0}{b} \text{ м} \quad (1.15)$$

Расчетные параметры площадей открытых складов сводят в таблицу.

Таблица 1.6 – Расчетная таблица для каменных материалов

Наименование материала	Расчетные параметры							
	$V_2, \text{ м}^3$	$K_y$	$h, \text{ м}$	$S_n, \text{ м}^2$	$\alpha$	$S_0, \text{ м}^2$	$L, \text{ м}$	$b, \text{ м}$
Щебень 5...10, $\text{ м}^3$								
Щебень 10...20, $\text{ м}^3$								
Щебень 20...40, $\text{ м}^3$								
Песок для строительных работ природный высшего класса, $\text{ м}^3$								
МП, т $n=15$								

Технические характеристики типовых прирельсовых складов для МП отображено в таблице 1.7.

Таблица 1.7. – Технические характеристики типовых прирельсовых складов для МП

Показатели	Вместимость склада, т					
	360	480	720	1100	2500	4000
Производительность Склада по приёму МП, т./час	38	38	38	70	100	100
Производительность по выдаче МП пневмовинтовым насосом	20	20	20	20	20	20
Производительность по выдаче МП струйным насосом	16,5	16,5	16,5	-	-	-
Количество силосов, шт.	6	4	6	4	4	6
Диаметр 1-го силоса, м	3	3	3	6	6	6
Высота силоса, м	10,1	16,1	16,1	14,74	25,54	25,54
Установленная мощность оборудования, кВт	156,05	141,55	156,05	192	291	343
Расход сжатого воздуха, $\text{ м}^3/\text{ мин}$	36,4	36,4	36,4	71,48	71,48	71,48

Месторасположение АБЗ влияет на тип битумохранилища. На прирельсовых АБЗ битумохранилища должны быть более мощными, так как они осуществляют приёмку хранения и полную подготовку битума. Все битумохранилища располагают вдоль ж/д линий, чтобы обеспечить удобный слив. Желательно, чтобы под разгрузку ставились одновременно несколько цистерн. Вместимость битумохранилища зависит от объёма работ, оно делится на секции – 500 т каждая.

Площадь битумохранилища вычисляем по формуле:

$$S_s = \frac{V_2^6 \cdot k \cdot \alpha}{h \cdot \rho}, \text{ м}^3 \quad (1.16)$$

где:

$\alpha$  – коэффициент запаса битумохранилища, равный 1,25;

$V_2^6$  – максимальный объём битума, т;

$h$  – глубина битумохранилища: 1,5-4 м – подземные; 8-10 м – наземные;

$k$  – коэффициент, принимаем 1,01;

$\rho$  – плотность битума, равная 0,95 т/м<sup>3</sup>.

Битумохранилища целесообразно строить секционного типа (примерно 3-4 секции) самостоятельные, что позволяет хранить 3-4 вида битума.

Длина секции битумохранилища принимается из условия обеспечения разгрузки ж/д цистерн длиной 12 м каждая.

Для подачи битума из битумохранилища в установку для её нагрева до рабочей температуры применяют шестерёнчатые битумные насосы.

Для хранения МП применяют типовые склады со своей вместимостью, учитывающей минимальный запас МП.

Транспортирование щебня и песка на АБЗ производят ленточными транспортёрами, бульдозерами-погрузчиками; МП – ковшовыми элеваторами, аэро-желобами.

Производительность всех транспортных устройств должна соответствовать производительности смесителей АБЗ.

## 1.5 Расчет потребности энергоресурсов

В состав энергетического хозяйства АБЗ входят: парокотельное отделение,

компрессорное отделение, устройство по водоснабжению.

Тепловой расчет хранилища включает определение требуемого количества тепла и параметров нагревательных приборов.

В качестве нагревательных приборов используют змеевики с паром. При этом следует рассчитывать:

-количество теплоты, полезно используемой для нагрева битума в битумохранилище

-потери теплоты при разогреве битума в битумохранилище

-поверхность нагрева нагревательных приборов и необходимую длину труб.

При проектировании на АБЗ склада битума применяют 2-х ступенчатую схему расчета подогрева битума. Определяют расход теплоты на разогрев битума для обеспечения его поступления в приямок при 60°С.

Вычисляют расход теплоты на разогрев в приямке до 90°С для возможного перекачивания его по трубопроводам в битумоплавильни.

Схема битумохранилища приведена на рисунке 1.

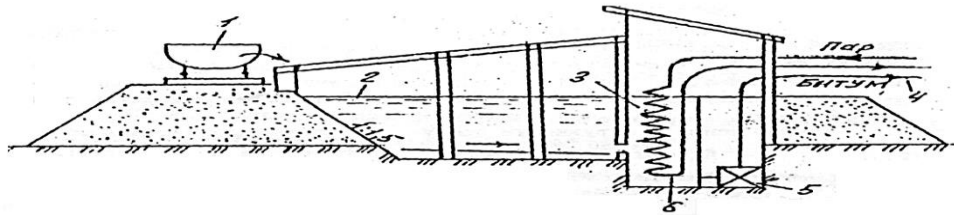


Рис. 1– Битумохранилище (склад битума):

- 1 – железнодорожный бункер; 2 – битум; 3 – прямок; 4 – битумопровод;  
5 – битумный насос; 6 – нагреватель прямка.

Суммарный расход тепла для нагрева битумного вяжущего определяется по формуле:

$$Q_{\text{хр}} = (Q_1 + Q_2), \text{кДж/ч} \quad (1.17)$$

где:

$Q_1$  – расход тепла на плавление битума в бункере, кДж/ч;

$Q_2$  – расход тепла на обогрев битумопроводов, кДж/ч;

Затраты тепла на нагрев битума до рабочей температуры определяются по формуле:

$$Q_1 = C_6 * G_6(t_k - t_n), \text{кДж/ч}, \quad (1.18)$$

где:

$C_6$  – удельная теплоемкость битума при средней температуре, - 1,67

$G_6$  – часовая производительность битумохранилища по выдаче битума

$t_k$  - конечная температура нагрева битума, 60°C;

$t_n$  - начальная температура битума в битумных емкостях, 10°C;

$$G_6 = \frac{V_6 \times 1000}{D_{\text{рс}} \times T_{\text{см}}} \text{ т/ч}; \quad (1.19)$$

$Q_2$  - расход тепла на испарение влаги, содержащейся в 1 т битума, тыс. ккал/т, определяемый из выражения:

$$Q_2 = G_6 * \mu, \text{кДж/ч} \quad (1.20)$$

$\mu$  - скрытая теплота плавления битума ,кДж/кг (126 кДж/кг)

В указанных выше тепловых процессах имеются еще непроизводственные потери теплоты.

Потери происходят от битумохранилища через дно и стенки, от зеркала битума в битумохранилище, от нагретого битума в приемке битумохранилища через дно и стенки, от нагрева и испарения воды, находящейся в битуме.

Потери тепла в окружающую среду:

$$Q_3 = \alpha_{\text{дн}} \cdot F_{\text{дн}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{дн}}) + \alpha_6 F_{\text{б}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}), \text{кДж/ч}, \quad (1.21)$$

где:

$\alpha_{\text{дн}}$  – коэффициент теплоотдачи битума через дно битумохранилища  
( $1,68 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2} \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}$ )

$F_{\text{дн}}, F_{\text{б}}$  – площадь днища битумохранилища, площадь битума,  $\text{м}^2$ ;

$t_{\text{дн}}$  – температура днища и стенок битумохранилища,  $10^\circ\text{C}$ ;

$\alpha_6$  – коэффициент теплоотдачи в вышележащие слои битума,  $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^2} \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}$ ;

$$\alpha_6 = \frac{\lambda}{\delta} \quad (1.22)$$

Полный расход тепла на предварительный разогрев битума в битумохранилище необходимо умножить на коэффициент 1,1.

Количество теплоты, необходимое для разогрева битума в приемке

$$Q_4 = C_6 * G_6 (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}), \text{кДж/ч} \quad (1.23)$$

Потери тепла в окружающую среду при нагреве в приемке

$$Q_5 = \alpha_{\text{дн}} \cdot F_{\text{дн}} \cdot (t_{\text{к}} - t_0) + \alpha_{\text{ст}} F_{\text{ст}} (t_{\text{к}} - t_0) + \alpha_3 \cdot F_3 \cdot (t_{\text{к}} - t_0) \text{кДж/ч}, \quad (1.24)$$

где:

$\alpha_{\text{дн}}$  – коэффициент теплоотдачи от битума к дну ( $1,68 \text{кДж/м}^2 \text{ч} \cdot \text{°C}$ );

$F_{\text{дн}}$  – площадь дна приемки, соприкасающихся с грунтом;

$F_{\text{ст}}$  – площадь стенок приемки;

$t_0$  – температура дна приемки ( $t_0 = 10^\circ\text{C}$ );

$\alpha_{\text{ст}}$  – коэффициент теплопередачи через стенку приемки ( $25,6 \text{кДж/м}^2 \text{ч} \cdot \text{°C}$ );

$F_3$  – площадь зеркала битума, соприкасающихся с воздухом;

$\alpha_3$  – коэффициент теплопередачи от битума к воздуху ( $0,067 \text{кДж/м}^2 \text{ч} \cdot \text{°C}$ );

Полный расход теплоты для разогрева битума в приемке определяется

$$Q_{\text{пр}} = (Q_4 + Q_5) \cdot K_{\text{пр}} \text{кДж/ч} \quad (1.25)$$

$$K_{\text{пр}} = 1,1$$

Полный расход теплоты для выдачи битума в час

$$Q = Q_{\text{хр}} + Q_{\text{пр}} \text{кДж/ч} \quad (1.26)$$

Поверхность подогрева паровых донных труб, змеевиков для нагрева днища битума

$$F_H = \frac{\sum Q}{K * \left( \frac{T_{\text{нп}} + T_{\text{кп}} - t_H - t_K}{2} \right)}, \text{ м}^2 \quad (1.27)$$

где:

- $\sum Q$  – полный расход теплоты, кДж/ч;
- $T_{\text{нп}}$  - температура насыщенного пара (169,6 °С);
- $T_{\text{кп}}$  - температура конденсата (119,6 °С);
- $K=168$  кДж/м<sup>2</sup>ч°С - коэффициент донной трубы

Зная поверхность паровой трубы длиной 1м, можно определить общую длину труб:

$$L_{\text{тр}} = \frac{F_H}{f}, \text{ м} \quad (1.28)$$

$$f = \pi * d * l \text{ м;}^2 \quad (1.29)$$

Суммарная потребность пара на АБЗ вычисляется как:

$$\sum P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \text{ кг/ч} \quad (1.30)$$

где:

- $P_1$  - расход пара на нагрев вяжущего в битумохранилище;
- $P_2$  - расход пара на обогрев трубопроводов;
- $P_3$  - расход пара на распыление топлива в форсунках;
- $P_4$  - расход пара на отопление

Расход пара на нагрев битума в битумохранилище

$$P_1 = \frac{Q_1}{i}; P_2 = \frac{Q_2}{i} \text{ кг/ч} \quad (1.31)$$

где:

- $i$  - теплосодержание пара = 2800 ккал/кг;
- $Q_1$  - необходимое количество теплоты на разогрев битума через паровые рубашки или змеевики ж/д цистерн

$$Q_1 = \frac{C_6 * G_{\text{ц}} * (t_k - t_H)}{T_B} * \mu * n_B, \text{ Дж/ч} \quad (1.32)$$

- $G_{\text{ц}}$  - количество разогреваемого битума в цистерне при сливе ;
- $C_6$  - удельная теплоемкость битума = 1,68 кДж/м<sup>2</sup> ч °С;
- $t_k$  - 80°С;
- $t_H$  - 10°С;
- $\mu$  - коэффициент теплопотерь 1,15-1,2;
- $n_B$  - количество одновременно выгруженных цистерн = 1;

$T_B$ -нормативное время выгрузки, 3ч;

$Q_2$ -расход теплоты на нагрев битумопроводов,  $L \times 628$  ккал.  $L$  – длина битумопроводов.

1 ккал = 4,19 Дж

Суммарные потери тепла за 1 ч при определенной длине трубопровода составляют:

$$Q_3 = q' \cdot L \text{ Дж/ч}; \quad (1.33)$$

где:

$q'$  - удельный расход пара на 1 м битумопровода, который должен обеспечить подвод тепла, равен 125-175 ккал/ч

$L$  - общая длина обогреваемых битумопроводов, м

$$P_3 = \frac{Q_3}{i} \text{ кг/ч}, \quad (1.34)$$

Суммарный расход пара на распыление топлива в форсунках

$$P_4 = q' \cdot \Sigma P \cdot q_T \text{ кг/ч}, \quad (1.35)$$

где:

$q'$  – удельный расход пара, подаваемого через форсунку на 1 кг израсходованного топлива, кг (при тепловых расчётах барабан принимают 0,6 кг);

$q_T$  – удельный расход топлива на 1 тонну приготавливаемой а/б смеси, кг;

$\Sigma P$  – суммарная производительность асфальтосмесительных установок;

Зная суммарную потребность пара на АБЗ, определяем необходимую поверхность нагрева котла:

$$F_K = \frac{\Sigma P \cdot K_3 \cdot K_{II}}{q_K} \text{ м}^2; \quad (1.36)$$

где:

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий неравномерность потребления пара (1,2-1,3 %);

$K_{II}$  – коэф., учитывающий потери пара при подаче его от котельной до мест потребления (1,1-1,2 %);

$q_K$  – максимальная паропроизводительность парового котла, принимаем один паровой котёл СШ – 3/8.

На АБЗ компрессорное отделение обеспечивает сжатым воздухом выполнение следующих операций: распыление топлива через форсунки, работу пневмоинструментов, пневмотранспортировку МП.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (1.37)$$

где:

- $V_1$  – расход сжатого воздуха на распыление топлива через форсунки;
  - $V_2$  – расход сжатого воздуха для работы пневматических инструментов;
  - $V_3$  – расход сжатого воздуха для транспортировки МП.
- Расход сжатого воздуха на распыление топлива в форсунках

$$V_1 = 0,02 \sum n v q_{\phi} K \text{ м}^3/\text{мин} \quad (1.38)$$

где:

- $n$  – количество форсунок разного типа;
- $v$  – удельный расход топлива на распыление воздуха форсункой 0,7-1,0 мЗ/кг топлива;
- $g_{\phi}$  – расход топлива форсунки данного типа, кг/ч;
- $K$  – коэффициент однородности, при работе двух форсунок составляет- 1,0; для трех -0,90; четырех -0,85; пяти – 0,82.

$$V_2 = 0,02 \cdot (1000\Pi / 3,6\mu q) \quad (1.39)$$

где:

- $\Pi$ - производительность пневмоинструмента, т/час;
- $\mu$ - массовая концентрация смеси порошка;
- $q$ - плотность воздуха , кг/м<sup>3</sup>.

Расход сжатого воздуха на работу пневматических инструментов:

$$V_3 = \sum_1^i v_i \cdot n_i \cdot K_0, \text{ м}^3 / \text{мин} \quad (1.40)$$

где:

- $v_i$  - удельный расход сжатого воздуха в каждом механизме, м<sup>3</sup>/мин;
- $n_i$  - количество механизмов того или иного типа, использующих при работе сжатый воздух;
- $K_0$  - коэффициент одновременности для данного типа механизмов

Расчетный суммарный расход сжатого воздуха

$$V_p = V K_{\text{п}} \text{ м}^3/\text{мин} \quad (1.41)$$

где:

- $K$  – коэффициент потерь воздуха, равный 1,4-1,7.

АБЗ можно обеспечить электроэнергией либо от линий электропередач через установку трансформаторной подстанции либо обеспечить привод механизмов малой мощности и освещение от передвижной электростанции. Для силовых установок можно использовать двигатель внутреннего сгорания.

При проектировании электроснабжения АБЗ:



- определяют необходимую силовую и световую мощности;
- определяют мощность электростанций или трансформаторных подстанций;
- выбирают вид тока и его напряжение;
- составляют схему электросети и ее расчет.

Необходимое количество электроэнергии определяется по формуле:

$$N = 1,1 \cdot K_c \cdot \left( \frac{\sum N_c}{\cos \phi} + \sum N_{вн} + \sum N_{н} \right), \text{ кВт} \quad (1.42)$$

где:

$K_c$  – коэффициент, учитывающий потери мощности (1,05-1,10) – 5-10%;

$\sum N_c$  - суммарная мощность всех силовых установок, кВт;

$$\sum N_c = nN_{эд} + nN_{эН}$$

$N_{эд}$ ,  $N_{эН}$  – мощность электродвигателя и электронагревателя соответственно

$n$  - количество каждого вида оборудования

$\sum N_{вн}$  - суммарная мощность внутреннего освещения, кВт;

$\sum N_{н}$  - суммарная мощность наружного освещения, кВт;

$\cos \phi = 0,75$  - коэффициент мощности.

$$N_{вн} = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{1000 \cdot E_{ср}}, \text{ кВт}, \quad (1.43)$$

Таблица 1.8 Освещенность внутренних помещений

Наименования помещений	S, м2	Мощность, Вт	E, лк	$K_3$	Еср. Вт/м2	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7
Душевые и гардероб						
Туалеты						
Производственные цеха						
Лаборатория						
Весовая						
Мастерская						
Компрессорная						
Проходная						
Пожарный сарай						
Котельная						
Кабина управления						
Складское помещение						
Итого:						

Для освещения территории АБЗ целесообразно использовать

прожекторы, монтируемые на стационарных или передвижных мачтах. Расчет мощности сводится к определению по нормативной освещенности количества прожекторов и их мощности.

Суммарный световой поток  $F$ , лм, необходимый для освещения площади  $S$ , вычисляется по формуле:

$$F = \sum S * E_n * K_1 * K_2, \text{ лм} , \quad (1.44)$$

где:

$S$  - площадь подлежащая освещению, м<sup>2</sup>;

$E_n$  - средняя нормативная освещенность данной площади  $S$ , лк;

$K_1$  - коэффициент, учитывающий потери света за пределами освещаемой площади, (1,15-1,5);

$K_2$  - коэффициент, учитывающий потери света из-за загрязнения ламп (1,2-1,5).

Необходимое число прожекторов:

$$n = \frac{F}{f}, \text{ шт}, \quad (1.45)$$

где:

$f$  - световой поток данного типа прожектора в пределах угла рассеивания, лм, принимаемый из технической характеристики.

Мощность наружного освещения составит:

$$N_n = n * \omega, \text{ кВт}, \quad (1.46)$$

где:

$\omega$  – мощность лампы для данного прожектора ( $\omega=0,2-1,0$  кВт).

Световой поток наружного освещения сводится в таблицу.



На АБЗ вода расходуется на различные нужды: хозяйственно-питьевые, бытовые, производственные и противопожарные.

Общий расход воды за смену определяется по формуле:

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4, л \quad (1.47)$$

где:

$q_1, q_2, q_3, q_4$  - расход воды соответственно на питьевые, бытовые, производственные и противопожарные нужды.

Сменная потребность в воде на хозяйственно-питьевые нужды равна:

$$q_1 = p \cdot n \cdot K_n, л \quad (1.48)$$

где:

$p$  - количество работников на заводе ;

$n$  - норма потребности в воде на хозяйственно - питьевые нужды на одного работника, принимается равной 25л/смену;

$K_n$ - коэффициент неравномерности водопотребления, равный 3.

Расход воды на бытовые нужды определяют по формуле:

$$q_2 = m_1 \cdot n_1 + m_2 \cdot n_2, л \quad (1.49)$$

где:

$m_1, m_2$  - количество кранов и душевых сеток ( $m_1=3-4, m_2=3$ );

$n_1$  - норма воды на один кран, равная 180-200 л/смену;

$n_2$  - норма воды на одну сетку, равная 375 л/смену.

Суммарный расход воды на производственные нужды равен:

$$q_3 = V_1 + V_2 + V_3 + V_4, л / смену \quad (1.50)$$

Производственный расход воды может состоять из расхода воды на промывку каменных материалов, поливку территории с целью обеспыливания, приготовление эмульсий, мойку машин и др.

Расход воды на промывку щебня, гравия, песка можно определить по формуле:

$$V_1 = v_1 \cdot q_{см}, л / смену \quad (1.51)$$

где:

$v_1$  - удельный расход воды, л, на промывку 1 м<sup>3</sup> каменного материала, который в зависимости от степени загрязненности материала изменяется от 1000 до 3000 л/м<sup>3</sup>;

$q_{см}$ - производительность установки по промывке каменного материала, м<sup>3</sup>/смену.

Расход воды на поливку территории завода определяют по формуле:

$$V_2 = S \cdot \frac{P}{m}, \text{ л/смену} \quad (1.52)$$

где:

S - площадь, подлежащая поливке, м<sup>2</sup>;

P - норма поливки 1 м<sup>2</sup> территории за сутки, равная 1,5-4 л/м<sup>2</sup> ;

m - число рабочих смен в сутках.

$$V_3 = v_3 \cdot q_3, \text{ л/смену} \quad (1.53)$$

где:

v<sub>3</sub> - расход воды в литрах 1 т эмульсии (500-700),

q<sub>3</sub> – производительность эмульсионной установки.

Расход воды на мойку автомобилей определяют по формуле:

$$V_4 = v_4 \cdot N, \text{ л/смену} \quad (1.54)$$

где:

N - количество автомобилей (N=10);

v<sub>4</sub>- норма расхода воды на мойку одного автомобиля (500 л/сутки)

Расход воды на противопожарные нужды в литрах за смену для дорожных производственных предприятий с площадью территории менее 100 га определяют, принимая, что на территории предприятия в течение смены не может возникнуть более одного пожара, причем пожар должен быть ликвидирован максимум за 3 часа. При таких допущениях требуемый расход воды составляет 5 л/с.

Общий расход воды на тушение пожара:

$$q_4 = 3 \cdot 3600 \cdot 5 = 54000 \text{ л} \quad (1.55)$$

Расчетный расход воды определяют

$$Q_p = \frac{Q \cdot K_1 \cdot K_2}{3600 \cdot T}, \text{ л/смену} \quad (1.56)$$

где:

K<sub>1</sub> - коэффициент неравномерности водопотребления в течение смены, равный 1,1 - 1,6;

K<sub>2</sub> - коэффициент, учитывающий утечку воды, равный 1,15 - 1,25;

T - продолжительность смены (8,0 ч).

По величине Q<sub>p</sub> определяют необходимый диаметр водопроводной сети:

$$d = \sqrt{\frac{4Q_p}{\pi \cdot 1000 \cdot v}}, \text{ м} \quad (1.56)$$

где:

$v$  - скорость течения воды в трубах, равная 1-1,5 м/с.

Технологическая часть, разработка генерального плана завода, контроль качества продукции, основные технико-экономические показатели изложены в лекционных и практических материалах учебно-методического комплекса.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Проектирование прогрессивной технологии приготовления асфальтобетонных смесей

Важнейшим и завершающим процессом на АБЗ является приготовления асфальтобетонной смеси. Технологический процесс приготовления смеси должен обеспечить получение смеси постоянного состава и высокого качества.

Основными условиями получения качественной смеси являются:

- использование для приготовления асфальтобетонной смеси исходных материалов стабильного качества и состава;
- предварительное дозирование песка и щебня до поступления в сушильный барабан;
- тщательная рассортировка песка и щебня после сушильного барабана строго по фракциям, исключая наличие одной фракции в другой;
- точное дозирование каждой фракции минеральных составляющих смеси – щебня, песка, минерального порошка, циклонной пыли;
- точное дозирование битума и добавок поверхностно-активных веществ;
- обеспечение заданного температурного режима исходных компонентов и асфальтобетонной смеси;
- интенсивное перемешивание, обеспечивающее получение однородной смеси;
- автоматизация технологического процесса приготовления асфальтобетонных смесей.

Технологический процесс приготовления асфальтобетонных смесей на АБЗ включает следующие операции:

- выгрузка из транспортных средств и хранение исходных материалов на складах;
- внутризаводская транспортировка материалов;
- обезвоживание и нагрев органических вяжущих материалов до расчетной температуры;
- высушивание и нагрев щебня, песка, минерального порошка (для горячих и теплых смесей);
- разделение просушенного и нагретого песка и щебня по размерам;
- дозирование и перемешивание отдозированных материалов с горячим битумом;
- выгрузка готовой смеси в автомобили-самосвалы или накопительные бункера.

В состав АБЗ входят следующие цеха:

- транспортно-складской для доставки, разгрузки, хранения и выдачи щебня, песка, минерального порошка;
- битумный – для разгрузки, хранения, нагрева и обезвоживания битума;
- асфальтосмесительный – для высушивания и нагрева щебня, песка и

смешивания компонентов, временного хранения и выдачи готовой асфальтобетонной смеси;

- энергетический (на заводах большой мощности) и ремонтно-механические мастерские – для снабжения потребителей электроэнергией и ремонта оборудования.

Исходные материалы для приготовления асфальтобетонных смесей поступают на завод железнодорожным и автомобильным транспортом, разгружаются с использованием специальных механизмов и разгрузочных устройств и направляются в соответствующие секции складов и хранилищ. Все операции по разгрузке и складированию материалов полностью механизированы.

Со склада щебня и песка материалы подают одноковшовым погрузчиком на пневмоходу в отсеки бункера агрегата питания, который обеспечивает подачу щебня и песка на холодный ковшовый элеватор, а с него в сушильный барабан. В агрегате питания происходит предварительное дозирование по объему холодного и влажного материала. Равномерная его подача способствует стабильности процесса сушки и нагрева, бесперебойной работе смесительного агрегата.

Сушильный агрегат включает сушильный барабан с топкой и форсункой, бак с подогревом мазута.

Агрегат обеспыливания задерживает пыль, не давая ей вылетать в атмосферу. В современных конструкциях асфальтосмесительных установок улавливание пыли достигает 85-95%. Часть ее используют как добавку к минеральному порошку, позволяя расходовать его экономно. Для хранения пыли используют специальное хранилище. Эту пыль дозируют отдельно от минерального порошка. Количество добавляемой пыли устанавливает лаборатория, она же дает разрешение на ее использование.

Смесительный агрегат включает горячий ковшовый элеватор, плоский вибрационный грохот, на котором осуществляется сортировка высушенных и нагретых каменных материалов по фракциям и подача в «горячие» бункера с отсеками, весовой бункер дозирочного отделения и смеситель.

Температура битума, поступающего в смеситель, щебня, песка, отсева дробления при выходе из сушильного барабана и асфальтобетонной смеси при выпуске из смесителя в зависимости от марки применяемого битума должна соответствовать указанной в таблице 2.1. Минеральный порошок для приготовления асфальтобетонных смесей допускается вводить в смеситель без подогрева. При применении активированных минеральных порошков или адгезионных присадок температура битума, щебня, гравия, песка, отсева дробления и готовой асфальтобетонной смеси может быть снижена:

- на 20 °С при применении битумов марок БНД 60/90, БНД 90/130, БН 60/90, БН 90/130 (по ГОСТ 22245); 50/70, 70-100 (по СТБ EN 12591) ;
- на 10 °С при применении битумов марок БНД 130/200, БНД 200/300, БН 130/200, БН 200/300 (по ГОСТ 22245); 100/150, 160/220 (по СТБ EN 12591).

Минеральный порошок из силосной емкости подается в бункер дозатора минерального порошка и, после дозирования соответствующей порции с помощью шнека, в смеситель. Силосная емкость загружается из цементовозов.



Таблица 2.1 – Характеристики составляющих для приготовления смеси

Вид смеси	Вид вяжущего и его пенетрация при 25 °С, мм <sup>-1</sup>	Температура, °С		
		битума, поступающего в смеситель	щебня (гравия), песка, отсеков дробления при выходе из сушильного барабана	смеси при выпуске из смесителя
7	Вязкий битум 60/90	140-160	165-185	140-160
	Вязкий битум 90/130	140-160	165-185	120-140
	Битум модифицированный 50/70, 70/100, 100/130	160-180	190-210	170-180
Теплая	Вязкий битум 130/200	120-140	155-175	120-140
	Жидкий битум 130/200	90-115	125-150	80-100
Холодная	Жидкий битум 70/130	80-100	115-125	80-100
<i>Примечание</i> – Температура щебеночно-мастичных смесей при выпуске из смесителя – 160 °С – 180 °С.				

Из битумохранилища, подогретый до температуры 90° битум подается насосной установкой по обогреваемому битумопроводу в битумонагревательную установку, где обезвоживается и нагревается до рабочей температуры 140-160°С, затем в цистерны с электронагревом и в дозирующее устройство, из которого строго отдозированная порция битума подается в смеситель.

При проектировании технологии приготовления асфальтобетонной смеси необходимо обратить особое внимание на возможность применения мероприятий по повышению качества смесей за счет интенсификации процессов перемешивания, способа введения вяжущего, применения поверхностно-активных веществ.

## 2.2 Состав комплекта основного и вспомогательного оборудования АБЗ

Конструкция асфальтосмесительных установок позволяет выполнять следующие операции технологического процесса (таблица 2.2 – 2.3):

предварительное дозирование влажных каменных материалов в агрегате питания;

просушивание и нагрев каменных материалов до рабочей температуры в сушильном барабане и подачу их к грохоту смесительного агрегата;

сортировку нагретых каменных материалов на четыре фракции (0-5, 5-10, 10-20, 20-40 мм), временное хранение их в «горячем» бункере вместимостью 19 м<sup>3</sup>, дозирование и выдачу их в смеситель;

трехступенчатую очистку выходящих из сушильного барабана дымовых газов от пыли в предварительной системе очистки, циклонах сухой пылеочистки и в мокром пылеуловителе — скруббере «Вентури» (эффективность пылеулавливания составляет 99,7 — 99,85 % в зависимости от вида применяемых материалов) или очистку в рукавных фильтрах — выбросы пыли составляют при

этом не более 20 мг/м<sup>3</sup>;

использование уловленной пыли при приготовлении асфальтобетонных смесей, для чего имеется специальный агрегат ёмкостью 23 м<sup>3</sup>, позволяющий временно хранить пыль, производить весовое дозирование и подачу в смеситель, а также, при необходимости, выгружать уловленную пыль в технологический автотранспорт для дальнейшей утилизации;

прием минерального порошка из автоцементовозов, дозирование и выдачу в смеситель;

прием битума из битумовозов (или склада битума), временное хранение и нагрев его в битумных цистернах до рабочей температуры, дозирование и подачу в смеситель;

обогрев битумных коммуникаций, нагрев битума и топлива горячим маслом, нагретым в нагревателе для жидкого теплоносителя;

подачу смеси скиповым подъемником в бункер агрегата готовой смеси или выдачу непосредственно из смесителя в автосамосвал.

В установках обеспечено:

автоматизированное и дистанционное весовое дозирование каменных материалов, битума, минерального порошка и пыли, их перемешивание, и выдача в бункер готовой смеси или в автомашину;

контроль и регулирование температуры каменных материалов и отходящих дымовых газов на выходе из сушильного барабана, температуры топлива и готовой смеси;

автоматическое или дистанционное управление всеми основными механизмами.

мягкий пуск и остановка скипового подъемника, сушильного барабана.

Управление всей установкой централизовано и осуществляется с пульта управления, размещенного в кабине оператора. Кабина оператора оборудована кондиционером и громкоговорящей связью. Блочный принцип изготовления повышает заводскую готовность узлов и позволяет значительно сократить сроки монтажа установки. Применение микропроцессорной системы управления обеспечивает у потребителя наиболее оптимальный, экономичный режим работы установки, повышает культуру производства и безотказность работы оборудования. При этом вся информация, в том числе и о возможных неисправностях, выводится на дисплей.

Таблица 2.2 – Технические характеристики асфальтобетонного смесителя БМЗ-80

Технические характеристики	БМЗ -80
1	2
Производительность, т/ч	80
Мобильность	Стационарная
Мощность конвейера	7,5 кВт
Конвейер	Ленточный (с регулировкой угла наклона)

Продолжение таблицы 2.2

1	2
Вибратор	0,27 кВт
Количество бункеров	5
Дозирующий комплекс	ДИК-8
Мощность привода	2,2кВт
Мощность конвейера	7,5 кВт
Сушильный барабан	4 фрикционных привода вращения барабана по 7,5 кВт каждый
Элеватор ковшовый	МЗ-003. Мощность привода 11 кВт. 64 ковша объемом 8 л. каждый.
Грохот	МЗ-004. 2 вибратора «Oli»(Италия) 3,2 кВт. 5 сит для разделения материала на фракции.
Бункер накопительный	МЗ-005. 5 отсеков для хранения горячих инертных фракций, общим объемом 12 м3. Пневмозаслонки «Samozzi» (Италия).
Дозатор горячих инертных материалов.	Предел взвешивания 2 т. Весовая система «CAS» (Ю. Корея). Пневмозаслонка «Samozzi» (Италия).
Дозатор минерального порошка.	Предел взвешивания 200 кг. Весовая система «CAS» (Ю. Корея). Пневмозаслонка «Samozzi» (Италия). Шнек для подачи порошка в смеситель.
Дозатор битума.	Предел взвешивания 200 кг. Весовая система «CAS» (Ю. Корея). Масляный контур подогрева битума. Насос подачи битума в смеситель, производительность 27 м3/ч.
Двухвальный асфальтосмеситель	МЗ-1000-017. Масса одного замеса 1000 кг. 2 привода по 15 кВт каждый. Синхронизатор смесительных валов. Пневмовыгрузка «Samozzi» (Италия)
Компрессор	Abac B 7000/500 FT10
Горелка	Baltur ГАЗ (6,5 МВт)

### 2.3 Инженерные сети АБЗ

На территории АБЗ запроектировано две ветки внутривозводской линии электропередач (ЛЭП), развивающейся от двух трансформаторных подстанций. Электроэнергия подводится ко всем агрегатам с электрическими силовыми установками, а также к местам, подлежащим искусственному освещению. К силовым установкам подводится электрический ток напряжением 380 В.

На АБЗ проложена телефонная сеть для связи внутри территории АБЗ. В административном корпусе имеется соединение с телефонной сетью общего пользования.

По территории АБЗ также проложена водопроводная сеть внутривозводского пользования, которая напитывается от местной водопроводной сети центрального водоснабжения. Трубопровод уложен в землю на глубину больше глубины промерзания грунтов.

Проложенные на АБЗ паропроводы и битумопроводы располагаются на стойках выше уровня земли на 2,5 м и закрыты теплоизоляционным материалом.

Сеть подачи мазута со склада ГСМ к расходным бакам и емкостям проложена на расстоянии не ближе 4 м от пожароопасных агрегатов и установок. Склад ГСМ располагается за пределами основной производственной площадки.

Имеется отдельная водопроводная сеть подачи горячей воды от паровой котельной к душевым.

### 3. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ГЕНПЛАНА АБЗ

Размещение машин, сооружений, оборудования складов на генеральном плане АБЗ подчинено основным требованиям решения генерального плана КДЗ. Расположение оборудования, зданий и сооружений, внутривозовских транспортных путей создает наиболее экономичный производственный процесс на площадке при применении совершенной технологии, прогрессивных видов внутривозовского транспорта, максимального блокирования сооружений и размещения технологического оборудования. При создании постоянно действующего предприятия учитывают перспективу его расширения, возможность модернизации оборудования.

По санитарно-технической классификации все АБЗ относят к III классу промышленных предприятий. По отношению к ближайшему жилому району их располагают с подветренной стороны для господствующих ветров и отделяют от границ жилых районов и городков строительного управления санитарно-защитной защитной зоной шириной не менее 300—500 м.

Для завода выбирают сравнительно ровную площадку (1,5—2,5 га) с уклоном, обеспечивающим сток поверхностной воды. Это позволяет сократить энергозатраты на перемещение минеральных материалов со складов к смесительной установке. По конфигурации площадки могут быть вытянутые, преимущественно прямоугольные с направлением внутривозовского грузопотока перпендикулярно большей оси площадки и площадки, приближающиеся по форме к квадрату. На прямоугольной площадке легче разместить разгрузочный фронт. Компонировку генерального плана производят по схеме раздельной застройки с отдельно стоящими сооружениями и по блокам путем объединения в общих блоках асфальтосмесительной установки, склада минерального порошка и др. Более компактен АБЗ блочной схемы.

Расположение нескольких рядом стоящих смесительных установок и накопительных бункеров, бункеров-термосов должно быть таким, чтобы автомобили-самосвалы без затруднений подходили под погрузку к каждой установке или накопительному бункеру и возвращались на дорогу, не мешая друг другу. При компоновке генплана следует учитывать, что расположение складов в средней части площадки нецелесообразно не только по условиям пересечения грузопотоков, но и потому, что при неблагоприятных направлениях ветра пыль оседает на машинах и автоматике, на сооружениях АБЗ. Нецелесообразно заглублять в землю воздушные, битумные и паровые трубопроводы, цементопроводы из-за сложности отыскания мест повреждений и ремонта их. При высоком уровне грунтовых вод использование траншейных ленточных транспортеров нежелательно, так как траншеи могут затопляться. Лучше пользоваться наземным транспортом.

Расположение складов щебня и песка и смесительной установки в одну линию значительно удлиняет площадки, а при расположении наклонной галереи перпендикулярно складу заполнителей площадка приобретает форму, более приближающуюся к квадрату, но при этом коэффициент использования территории значительно снижается.

При применении кольцевых складов заполнителей площадка завода приближается к прямоугольной. Пути на территории завода располагают так, чтобы поступление сырья шло с внешней железнодорожной сети, водного или автомобильного транспорта, а отправка смеси производилась по другим путям, связывающим завод с местом укладки смеси на дороге.

Проезды на территории должны быть удобными, кратчайшими между технологическими цехами, сооружениями, складами и погрузочно-разгрузочными пунктами. Не допускают встречных и перекрещивающихся потоков материалов и обратный их пробег.

При проектировании генерального плана (рисунок 3.1) вначале размещают пути, по которым будут подвозить материалы. Если АБЗ прирельсовый, это будет железнодорожный путь, ветка или тупик. Смесительный цех и магистральный ленточный транспортер, подающий материал к смесителю, размещают ближе к центру площадки, определяют места для вспомогательных сооружений, цехов и отделений: битумного, минерального порошка, ПАВ и др. Намечают пути и устройства для обслуживания складов, вывоза готовой продукции. Далее размещают ремонтную мастерскую, парокотельную, компрессорную и трансформаторную подстанции или электростанцию.

Склады жидкого топлива и масел располагают в районе склада песка или щебня как негорючих материалов (лучше за пределами площадки АБЗ).

Если песок завозят по железной дороге или водным путем, склад устраивают вблизи места прибытия таким образом, чтобы не было перегрузки и излишней перевозки песка; при невозможности осуществить это песок транспортируют сразу на склад, находящийся у смесителя, за складом щебня. При подвозе песка из притрассовых карьеров автомобилями-самосвалами его выгружают за складами щебня или параллельно им, ближе к магистральному транспортеру. Склад твердого топлива создают в стороне, противоположной от склада жидкого топлива и битумохранилища.

Дорогу для готовой смеси устраивают с покрытием и изолируют от других путей движения автомобилей. На АБЗ целесообразно устраивать кольцевую дорогу, позволяющую подъехать к любому складу, ремонтной мастерской или сооружению (без встречного движения).

Обслуживающие цехи размещают в стороне от смесительного цеха. Для ремонтной мастерской отводят площадку с навесом для стоянки машин, складов запасных частей и материального склада. Бытовые помещения включают душевые, гардероб, помещение для обогрева рабочих, сушки одежды и обуви, туалет.

На АБЗ организуют пост охраны, который обеспечивает контроль вывоза материальных ценностей и прохода людей. В ряде случаев (АБЗ малой мощности) на него возлагают обязанность пожарной охраны.

Для работы в пасмурные дни, при туманах, в ночное время на АБЗ предусматривают временное электрическое освещение рабочих мест, складов и дорог прожекторами заливающего света.

При компоновке складов материалов предусматривают возможность выдачи материалов внешним потребителям. Это условие является обязательным в случаях отсутствия в данном районе базисных складов.

Компрессорные и трансформаторные располагают в центре потребления сжатого воздуха и электроэнергии. Для сокращения падения давления сжатого воздуха и сокращения проводов электросетей размещают компрессорные и трансформаторные с приближением их к пунктам потребления.

Сооружения АБЗ располагают с учетом «розы ветров», с тем чтобы на открытые штабеля заполнителей не попадали посторонние примеси и в свою очередь, чтобы пыль, образующаяся при транспортно-складских операциях на заводе, не оседала в районе жилого городка, на установки со сложными машинами и аппаратурой.

Для сокращения длины транспортных коммуникаций при проектировании наклонных транспортеров применяют ленты специального профиля, позволяющие транспортировать сыпучие материалы под углом до 40—50°.

Трубопроводы минерального порошка располагают с минимумом поворотов.

При расположении сооружений соблюдают действующие противопожарные и санитарные нормы, а также правила техники безопасности.

## **4 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ АБЗ**

### **4.1 Контроль качества исходных материалов**

Для обеспечения выпуска качественной продукции заводская лаборатория осуществляет систематический контроль поступающих на завод материалов, она же контролирует технологический процесс приготовления смесей и готовую продукцию.

Контроль поступающих на завод материалов проводится в соответствии с требованиями СТБ 1033-2016 по строительству дорожных асфальтобетонных покрытий.

Из поступающего на завод щебня отбирают один раз в два-три дня пробы, по которым определяют его физико-механические свойства в соответствии с ГОСТ 8267-93: дробимость в цилиндре и марку по прочности, потери при истирании в полочном барабане, морозостойкость при непосредственном замораживании. Контролируют также зерновой состав и степень загрязнения материалов.

Качество песка контролируют, руководствуясь ГОСТ 8736-93. Определяют модуль крупности и гранулометрический состав.

Для вязких битумов определяют глубину проникновения иглы пенетromетра при 25°C и 0°C, растяжимость при 25°C и 0°C, температуру размягчения по кольцу и шару, температуру хрупкости и вспышки, сцепление с мрамором или песком, изменение температуры размягчения после прогрева, содержание водорастворимых соединений.

При каждой загрузке котлов и плавильной установки лаборатория определяет глубину проникания иглы, температуру размягчения вязких битумов и условную вязкость жидких битумов.

### **4.2 Контроль качества дозирования**

Контроль за технологическим процессом приготовления смесей на АБЗ заключается в периодических проверках правильности его протекания. Контроль равномерности подачи материалов со складов в сушильный и дозировочный цехи осуществляется автоматическими устройствами (рисунок 4.2).

Периодически контролируется дозирование компонентов смесей. Погрешность дозирования не должна превышать  $\pm 3\%$  для минеральных составляющих и  $\pm 1,5\%$  для органических вяжущих по массе.

Для получения качественной смеси большое внимание необходимо уделять процессу перемешивания. Контролируют продолжительность перемешивания и однородность смеси.

### **4.3 Контроль температурного режима**

Систематически контролируют температурный режим компонентов и смеси. Режим сушки каменных материалов должен обеспечить их обезвоживание и равномерный нагрев до рабочей температуры. Температура готовой горячей а/б

смеси при выходе из смесителя должна быть в пределах 140 - 160°C. Рабочая температура битума должна быть в пределах 140-160°C. В последнее время этот контроль осуществляется автоматически. Через каждые 2-3 часа контролируют температуру минеральных материалов, органических вяжущих и асфальтобетонной смеси.

#### **4.4 Контроль качества готовой продукции**

Контроль за качеством готовой смеси производится следующим образом. Из каждого вида смеси отбирают 1-2 пробы в смену массой 2-10 кг в зависимости от размера зерен минерального материала и формируют стандартные образцы по СТБ 1115-2016. При контроле качества смесей определяют следующие показатели: среднюю плотность, водонасыщение и набухание, % по объему, пределы прочности при сжатии образцов R20, R50, R0, Rвод, коэффициент водостойкости, сцепление битума с минеральной частью. Для холодных смесей определяют показатель слеживаемости 2-3 раза в смену. Обязательно также производится определение пористости минерального состава и остаточной пористости асфальтобетона.

Полученные показатели физико-механических свойств асфальтобетонов в зависимости от марок смесей и дорожно-климатической зоны должны соответствовать требованиям СТБ 1033.

Однородность смеси по цвету, наличие не промешанных комьев, подвижность определяют визуально.

Качество готовой смеси а/б смеси формируется на всех этапах ее приготовления и применения в дорожных покровах. Задача управления качеством на АБЗ - исключить возникновение недопустимых отклонений качественных параметров на каждой технологической операции приготовления асфальтобетонных смесей. Большую роль в эффективности контроля и управления качеством на всех его стадиях играют ЭВМ.

На рисунке 4.3 представлена схема по контролю при приемке АБС (СТБ 1033-2016).

#### **4.5 Аттестация, сертификация продукции. Паспорт смеси.**

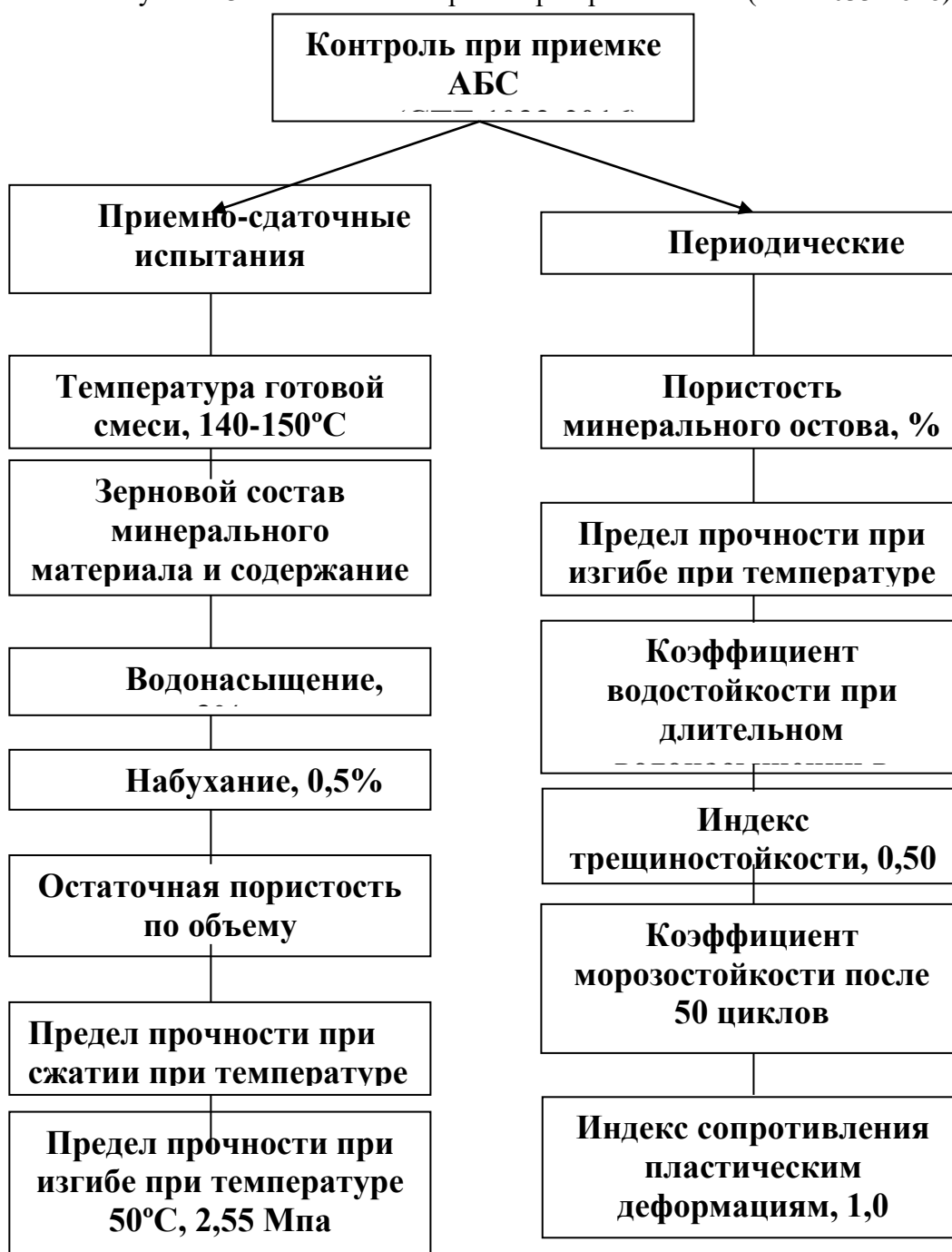
Из каждой смеси каждого вида отбирают 1-2 пробы массой 2-10 кг (в зависимости от вида смеси и формируют стандартные образцы согласно СТБ 1033. Показатели контроля: остаточная пористость, водонасыщение, набухание, зерновой состав минеральной части, содержание вяжущего, пределы прочности при сжатии, предел прочности при сдвиге, однородность смеси, температура готовой смеси. Контролю подвергается каждая выпускаемая партия в количестве не более 800 тонн. Все данные контроля заносятся в журнал контроля качества асфальтобетонной смеси. Полученные показатели физико-механических свойств асфальтобетонов должны соответствовать требованиям нормативных документов.

Дополнительно осуществляется контроль смеси в соответствии с требованиями инструкции по применению ПАВ.



Однородность смеси по цвету, наличие не промешанных комьев, подвижность – определяют визуально. При отгрузке потребителю, АБЗ выдает на каждое транспортное средство в качестве сопровождающего документа паспорт на асфальтобетонную смесь формы ФН-55Д согласно РД 0219.1.08-98. В паспорте указываются следующие данные: наименование предприятия-изготовителя; наименование и адрес потребителя; вид, тип, марка смеси и ее условное обозначение по СТБ; температура горячей смеси на выходе; время отправления смеси; срок хранения (для холодных смесей); дата изготовления; номер партии и масса отгружаемой смеси. Паспорт говорит о том, что изготовитель гарантирует соответствие выпускаемой смеси требованиям СТБ 1033 при соблюдении условий транспортирования.

Рисунок 4.3 – Схема по контролю при приемке АБС (СТБ 1033-2016)



## 5. ОСНОВНЫЕ ТЭП РАБОТЫ ЗАВОДА

При проектировании, строительстве, реконструкции и организации работы дорожных производственных предприятий важное значение приобретает технико-экономическая оценка их будущей производственно-хозяйственной деятельности.

Хозяйственная деятельность предприятия оценивается системой основных и дополнительных технико-экономических показателей (ТЭП).

ТЭП – показатели, характеризующие финансово-производственную деятельность предприятия. ТЭП применяются для планирования и анализа производства и труда, использования основных и оборотных фондов.

К основным ТЭП относятся:

- сметная стоимость (капитальные вложения в строительство);
- годовой выпуск продукции (в натуральном и стоимостном выражении);
- себестоимость единицы продукции;
- производительность труда;
- стоимость основных производственных фондов и оборотных средств;
- прибыль;
- срок окупаемости капитальных вложений;
- рентабельность;
- удельная капиталоемкость.

К дополнительным ТЭП относятся:

- уровень механизации;
- уровень комплексной механизации и автоматизации;
- трудоемкость приготовления 1 т. смеси (например, в чел.-ч);
- энергоемкость (кВт-ч/т).

## 6. ОХРАНА ТРУДА, ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА

Организация и выполнение работ на асфальтобетонном заводе с налаженной линией по выпуску цементных растворобетонных смесей осуществляются при соблюдении требований ТКП 45-1.03-40-2006 «Безопасность труда в строительстве. Строительное производство», ТКП 45-1.03-44-2006 «Безопасность труда в строительстве. Общие требования» и отраслевых правил по охране труда при проектировании, строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог, утвержденных постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь и Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 26.02.2008 №14.

При производстве смесей выделяются вредные вещества, содержание которых в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), приведенных в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ

Наименование веществ	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Вредное воздействие на организм человека
Бензпирен (бензопирен)	0,00015	1	Обладают канцерогенными свойствами, способными вызывать заболевания кожи и глаз
Бензол	15 (5)	2	
Фенол	0,3	2	Оказывают раздражающее действие на кожу и дыхательные пути, обладают общетоксическим действием, способны вызывать заболевания аллергического характера
Алифатические амины фракции C17-C20	1	2	
Стирол	30 (10)	3	Вызывают сильное раздражение кожи и слизистых оболочек; при длительном воздействии способны всасываться через кожу и оказывать общее токсическое действие, вызывать аллергию
Уксусная кислота	5	3	
Сернистый ангидрид	10	3	
Окись углерода	20	4	Оказывают раздражающее действие на кожу и слизистые, вызывая нарушение тканевого дыхания
Пары углеводородов битума	300	4	
<i>Примечание</i> — В скобках приведена среднемесячная ПДК.			

В соответствии с действующим законодательством обязанности по обеспечению охраны труда в организации возлагаются на нанимателя.

Общее руководство по обеспечению охраны труда возлагается на руководителя организации или лицо, им уполномоченное.

Работники выполняют обязанности по охране труда в объеме требований их должностных инструкций или инструкций по охране труда, утвержденных нанимателем.

Должностные инструкции и инструкции по охране труда доводятся до работника (за подписью) при приеме на работу или назначении на должность, переводе на другую работу.

Приказами по организации назначаются лица, ответственные за обеспечение охраны труда в пределах порученных им участков работ.

Для осуществления методического руководства и координации деятельности подразделений и должностных лиц по охране труда в организации создана служба охраны труда, входящая в штат организации или привлекаемая на договорной основе. Структура службы охраны труда, ее функции и задачи определяются согласно действующему законодательству.

В организации периодически проводятся проверки, осуществляется контроль и оценка состояния охраны и условий безопасности труда.

При обнаружении нарушений норм и правил охраны труда работники принимают меры к их устранению собственными силами, а в случае невозможности этого – прекращают работы и информируют должностное лицо.

Руководитель организаций обеспечивает своевременное обучение безопасным методам и приемам работы, проведение инструктажа по вопросам охраны труда и проверку знаний согласно следующим требованиям.

Руководители и специалисты организации в соответствии с перечнем должностей руководителей и специалистов, утвержденным руководителем организации, перед допуском к работе, не позднее 1 месяца со дня назначения на должность, а в дальнейшем – периодически, в установленные сроки, проходят проверку знаний по вопросам охраны труда с учетом их должностных обязанностей и характера выполняемых работ.

Обучение и проверка знаний по вопросам охраны труда рабочих проводится при подготовке, переподготовке, получении второй профессии, повышении квалификации.

Перед допуском работников к временной работе и командированных работников проводится вводный инструктаж и первичный инструктаж на рабочем месте.

Повторный инструктаж по охране труда проводится со всеми работниками не реже 1 раза в 3 мес.

Персонал организации (лица), производящий обслуживание машин, оборудования, установок и выполняющий работы, подконтрольные органам государственного надзора Республики Беларусь, допускается к работе в соответствии с требованиями этих органов.

Рабочие, руководители, специалисты и служащие обеспечиваются спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты, соответствующими ГОСТ 12.4.011.

Наниматель обеспечивает работников санитарно-бытовыми помещениями (гардеробными, сушилками для одежды и обуви, душевыми, помещениями для приема пищи, отдыха и обогрева, здравпунктами и др.) согласно ТКП 45-3.02-209-2010 «Административные и бытовые здания. Строительные нормы проектирования», коллективному договору или тарифному соглашению.

При пуске асфальтобетонного смесителя необходимо сначала пустить двигатель (включить рубильник электродвигателя) и проверить установку на холостом ходу. Если не обнаружено неисправностей – зажечь форсунку.

Во избежание ожогов наливать горячий битум в весовой ковш и переливать в мешалку или смесительный барабан следует осторожно, постоянно открывая кран.

Перерабатывать старый асфальтобетон нужно при замедленном режиме работы форсунки при контроле И.Т.Р.

Очищать мешалку от остатков асфальтобетонной смеси следует только после полной остановки и принятия мер, препятствующих случайному пуску мешалки.

Запрещается ускорять выгрузку асфальтобетонной смеси с помощью инструмента (лома, лопаты) замерять ее температуру во время выгрузки и находиться вблизи выпускаемого лотка смесителя.

При загорании битума в котле необходимо плотно закрыть горловину котла крышкой, погасить форсунку. Для тушения огня применять углекислотный огнетушитель и песок. Если загорание своими силами не удастся предотвратить, нужно вызвать пожарную охрану и поставить в известность руководителя.

При попадании разогретого битума на кожу (получение термического ожога) пораженное место промыть соевым маслом или керосином, затем теплой водой с мылом и обратиться в здравпункт.

При обнаружении течи битума из котла следует немедленно прекратить топку и перекачать битум в другие котлы.

При аварийных ситуациях приостановить работы, обеспечить выход из опасной зоны, при необходимости отключить оборудование от электросети. При опасности возникновения несчастного случая принять меры по его предупреждению. О случившемся доложить руководству.

На предприятии ограждаются движущие части всех механизмов и двигателей, а также электроустановки, приёмки, люки, площадки, заземляются электродвигатели и аппаратура.

Обслуживание смесительных установок, силосов, транспортирующих и погрузочно-разгрузочных механизмов осуществляется в соответствии с правилами безопасной работы у каждой установки.

Большое внимание уделяется обеспыливания воздуха и отходящих газов от работы смесительной установки для создания нормальных санитарно-гигиенических условий труда. В санитарными нормами и правилами концентрация в воздухе помещения цементной и остальных видов пыли не должна превышать 4 мг/м<sup>3</sup>.

Содержание в воздухе СО не допускается более 0,03, сероводорода – более 0,02 мг/м<sup>3</sup>. В воздухе, выбрасываемом в атмосферу, концентрация пыли не должна быть более 0,06 г/м<sup>3</sup>. При нормальной эксплуатации пылеочистительных систем содержание пыли в выбрасываемом воздухе должно быть не более 0,04-0,06 г/м<sup>3</sup>.

На местах выделения пыли, газов, избытков тепла (загрузочные и разгрузочные отверстия дробилок, грохотов, бункеров, шнеки, течи сыпучих материалов,

дозировочных весов и др.) сооружается местная вытяжная вентиляция. Все системы местной вытяжной вентиляции блокируются с пусковыми устройствами технологического оборудования, включаются одновременно с включением оборудования и выключаются не ранее чем через 3 мин после остановки машин или оборудования.

На производстве также предусматриваются системы искусственной и естественной вентиляции. Этому в большой мере способствует герметизация тех мест, где происходит полувыведение, а также отсос воздуха из бункеров. Воздух отбираемый из цементных бункеров, очищают с помощью, рукавных или электрофильтров. Перед ними при значительной концентрации пыли в оперируемом воздухе устанавливаются циклоны. Важно не допускать просасывание через 1м<sup>2</sup> ткани фильтров более 60-70 м<sup>3</sup> воздуха в 1 час. Для очистки воздуха, отсасываемого из сырьевых камер, устанавливаются циклон и электрофильтр, соединённые последовательно.

В производственных зданиях и сооружениях независимо от наличия вредных выделений и вентиляционных устройств предусматриваются открывающиеся створки в окнах площадью не менее 20 % общей площади световых проемов, для проветривания с возможностью при необходимости направления поступающего воздуха вверх – в холодный период и вниз – в теплый период года.

Шум возникающий при работе многих механизмов на заводе, характеризуется зачастую высокой интенсивностью, превышающей допустимую норму (80 дБ). Особенно неблагоприятны в этом отношении условия работы персонала, так как уровень шума достигает 95-105 дБ, а иногда и более. К числу мероприятий по снижению уровня шума относятся применение демпфирующих прокладок между стенками смесительной установки, также замена стальных плит на резиновые. При этом звуковое давление снижается на 5-12 дБ. Укрытие смесительной установки шумоизолирующим кожухом, облицовка источников шума звукопоглощающими материалами также даёт хороший эффект (снижение уровня шума на 10-12 дБ). Работники, контактирующие с шумовым загрязнением, обеспечиваются средствами индивидуальной защиты. При работе с дробильным оборудованием в качестве средств защиты против шумового воздействия используют ушные вкладыши из эластичного материала, располагаемые в наружной части слухового прохода. Эффективны наушники, плотно прикрывающие ушную раковину, акустический фильтр, который пропускает низкочастотные звуковые колебания, а высокие ослабляет.

Все противопожарные мероприятия проводятся согласно ППБ Белару-си 01-2014 «Правила пожарной безопасности Республики Беларусь».

Инструкции о мерах пожарной безопасности пересматриваются в случаях изменений технологического процесса, условий работы, требований нормативных документов, положенных в основу разработки инструкций, на основании анализа противопожарного состояния завода, но не реже одного раза в пять лет.

Асфальтобетонные смесители снабжают не менее чем тремя огнетушителями, располагая их вблизи форсунки, на лестнице и около расходного бачка мазута. Площадку около форсунки ограждают перилами высотой 1 м.

Асфальтобетонный завод оснащается средствами пожаротушения: водоемами, запасными цистернами для воды, резервуарами, достаточной длины шлангами, насосами для подачи воды, передвижными мотопомпами (при отсутствии водопровода), огнетушителями.

Необходимо предусматривать запасный въезд на территорию завода и выезд, свободный подъезд к водоемам.

Категорически запрещается нарушать допускаемые разрывы между производственными и бытовыми строениями.

На асфальтобетонных заводах, разрабатывается и внедряется система обеспечения пожарной безопасности, охватывающая получение, транспортирование, производство, переработку и хранение горючих веществ и материалов.

Подъезды и проезды на территорию завода обеспечивают свободный подъезд пожарных аварийно-спасательных автомобилей ко всем зданиям, сооружениям, наружным технологическим установкам и местам размещения пожарных гидрантов и водоемов. Размещение технологического оборудования обеспечивает свободный доступ к нему средств пожаротушения.

Места размещения асфальтосмесительных и битумоплавильных установок, битумохранилища, складов ГГ, ЛВЖ, ГЖ, горючих веществ и материалов, а также других взрывопожароопасных и пожароопасных участков оборудуются пожарными щитами согласно нормативных документов.

Рабочие места на асфальтосмесительной установке (площадки форсунщика, машиниста) оборудуются огнетушителями.

Запуск и эксплуатация асфальтосмесительной установки осуществляется согласно инструкции по эксплуатации.

Не допускается эксплуатация сушильных барабанов при неисправности топков, газовых горелок или форсунок, работающих на жидком топливе, если наблюдается выброс пламени через отверстия, щели лобовой части топки и лабиринтные уплотнения.

Расположение узлов битумоплавильных и эмульсионных установок обеспечивает удобный доступ к ним, безопасность монтажа, эксплуатации и ремонта.

По наружному контуру верхней площадки обмуровки битумоплавильных котлов устраиваются:

- ограждения высотой не менее 1 м;
- лестницы шириной не менее 0,75 м с перилами;
- борт из кирпича высотой не менее 0,2 м.

Между горловинами (люками) котлов, установленных в одной обмуровке, а также между горловинами и ограждениями устраиваются проходы шириной не менее 1 м.

Горловины (люки) битумоплавильных котлов закрываются решетками с размером ячеек не более 0,15 x 0,15 м, а также крышками, выполненными из металла.

Битумоплавильные котлы оборудуются автоматикой безопасности, которая обеспечивает прекращение подачи топлива в топку котла при возникновении аварийных режимов в работе установки.

Заполнение котлов битумом допускается не более чем на 3/4 их емкости.

При появлении в котле признаков вспенивания битума необходимо прекратить процесс нагрева и принять меры к снижению его уровня. Не допускается переливать нагретый битум в резервные котлы при помощи ведер и другой открытой тары.

Проливы битума на битумоплавильные котлы, оборудование и на землю должны незамедлительно убираться.

Давление битума в магистрали не должно превышать установленного для данного оборудования.

При последовательном перекачивании битума из разных котлов не разрешается перекрывать краны на битумопроводах, ведущих из одного котла в другой.

При работе битумоплавильных установок, оборудованных электронагревательными устройствами, необходимо контролировать, чтобы при работе спирали этих устройств были полностью погружены в битум.

При разогреве битума паром, подачу пара в котел без предварительного удаления конденсата из системы его подачи не допускается. Шланг подачи пара в месте присоединения к подводящей линии снабжается запорным вентилем.

При проектировании санитарно-бытового обеспечения следует руководствоваться требованиями ТКП 45-3.02-90-2008, ГОСТ 22853, ТКП 45-1.03-40-2006. Согласно СанПиН 2.2.1.13-5-2006 «Санитарные нормы проектирования производственных предприятий» стационарные АБЗ относятся к III классу по санитарной классификации, который предусматривает наличие санитарно-защитной зоны размером 300м.

Территория предприятия должна иметь ровную поверхность, проходы и проезды достаточной величины, хорошую естественную освещенность и располагаться вблизи источников воды.

Склады цемента и минерального порошка устраиваются закрытыми и защищенными от ветра. Санитарные разрывы от складов песка, щебня, цемента, минерального порошка, а также битумохранилищ до ближайших открываемых проемов производственных и вспомогательных помещений принимаются не менее 50 м, а до открываемых проемов бытовых зданий – 25 м.

Производственные предприятия оборудуются навесами для защиты работающих от атмосферных осадков и ветра, а также необходимыми санитарно-гигиеническими помещениями с аптечками и установками с питьевой водой.

В производственных условиях рациональное освещение играет важную роль, так как при правильной организации оно повышает производительность труда и улучшает качество продукции, способствует уменьшению зрительного утомления и улучшению функционального состояния организма, обеспечивает благоприятную санитарную обстановку труда. Освещение производственных предприятий соответствует требованиям ТКП 45-1.03-161-2009 «Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования»



## Раздел контроля знаний

### **Перечень вопросов выносимых на экзамен по учебной дисциплине «Производственные предприятия дорожного хозяйства»**

1. Основные и вспомогательные производственные предприятия дорожной отрасли.
2. Классификация производственных предприятий дорожной отрасли (по назначению – схема).
3. Определение мощности производственных предприятий с учетом трех видов времени (календарного, режимного и планового).
4. Техничко-экономические показатели работы ПП.
5. Какие показатели включает в себя себестоимость продукции?
6. Техничко-экономические показатели работы ПП
7. Условия конкурентоспособности производственных предприятий.
8. Ресурсоемкость ПП.
9. Карьеры каменных материалов (классификация, состав комплекса горных пород).
10. Изыскания месторождений каменных материалов (цель поиска и детальной разведки, что получают после их проведения?).
11. Техничко – экономическая оценка месторождений каменных материалов (цель и учитываемые факторы, основной экономический показатель работы карьера).
12. Разработка скальных горных пород (подготовка карьера и добыча горной породы, схемы).
13. Разработка месторождений рыхлых (обломочных) пород.
14. Требование к гравиям, методы разработки карьеров в зависимости от степени обводнения.
15. Схема разработки песчано – гравийных месторождений землесосным снарядом.
16. Рекультивация земель, нарушенных горными работами.
17. Камнедробильные заводы (КДЗ). Основные процессы работы. Дробление горной породы (варианты). Эффективность работы дробилок (критерий).
18. Переработка горных пород. Грохочение (оценка эффективности).
19. Схема простейшего КДЗ.
20. Количественная схема двухступенчатого дробления горной породы на щебень.
21. Качественная схема двухступенчатого дробления каменных материалов на щебень.
22. Обогащение каменных материалов (сухая и мокрая очистка). Оценка степени промываемости материала. Пути ускорения промывки.
23. Генеральный план КДЗ (принципы расположения и что показывают на генплане)

24. Производство минерального порошка для асфальтобетона (неактивированного и активированного - схема)
25. Склады готовой продукции на КДЗ (стоимость, основная характеристика, классификация).
26. Склад с двухконсольным козловым краном.
27. Передвижные дробильно – сортировочные установки (ПДСУ), контроль качества готовой продукции (отбор проб, что проверяется) на КДЗ.
28. Показатели экономической эффективности работы КДЗ.
29. Битумные базы (назначение, классификация, технологическая схема, транспортировка)
30. Обезвоживание и нагрев битума в битумоплавильном агрегате с масляным обогревом.
31. Расчеты: мощности битумной базы, потребного количества котлов, производительности битумного котла.
32. Автоматизация процессов на битумных базах.
33. Обезвоживание и нагрев битума бескотловым способом (схема).
34. Генеральный план битумной базы.
35. Перспективные направления в работе битумных баз (капсулирование битума, гранулирование асфальтобетонного вещества).
36. Охрана труда на битумных базах.
37. Приготовление битумных эмульсий (схемы).
38. Выбор расположения АБЗ (факторы, оценка вариантной стоимости).
39. Строительно – монтажные работы на АБЗ.
40. Проект организации работ.
41. Что включает сметно-финансовый расчет (СМР).
42. Склады на АБЗ (назначения и классификация).
43. Склады органических вяжущих.
44. Разогрев битума в ж/д цистернах.
45. Склады каменных материалов на АБЗ (щ, п, мп) (схемы).
46. Активация компонентов при приготовлении асфальтобетонных смесей на АБЗ (физическая сущность, активация минерального порошка).
47. Активация песка на АБЗ (традиционный способ и трибоактивационный способ).
48. Активация битумов (УЗ, электрогидравлический способ, активация окисления гудронов для получения битума).
49. Магнитная активация битумов при получении асфальтобетонных смесей на АБЗ (схема).
50. Автоматизация технологических процессов на АБЗ (объекты, подлежащие автоматизации).
51. Что дает автоматизация процессов на АБЗ?
52. АБЗ – «завод – автомат».
53. Контроль качества продукции на АБЗ. Охрана труда и противопожарные мероприятия.
54. Причины образования «жирной» и «тощей» смеси.

55. Переработка (регенерация) старого асфальтобетона на дороге и в установке.
56. Обработка грунтов органическими вяжущими на АБЗ.
57. Магнитная активация битумов при получении асфальтобетонных смесей на АБЗ (схема).
58. Цементобетонные заводы (ЦБЗ).
59. Назначение, классификация, экономическая эффективность устройства стационарных или передвижных ЦБЗ.
60. Выбор расположения ЦБЗ.
61. Разработка генплана ЦБЗ.
62. Склады щебня и песка на ЦБЗ.
63. Склады цемента на ЦБЗ.
64. Технология приготовления цементобетонных смесей .(Схема ЦБЗ стационарного типа).
65. Передвижная установка непрерывного действия (ЦБЗ).
66. Приготовление цементобетонной смеси в автобетономешалках в пути.
67. Транспортирование бетонных и растворных смесей.
68. Контроль качества цементобетонной смеси.
69. Автоматизация технологических процессов на ЦБЗ.
70. Экономическая эффективность автоматизации ЦБЗ.
71. Особенности работы ЦБЗ зимой.
72. Охрана труда и пожарная безопасность на ЦБЗ. Экологическая защита окружающей среды.
73. Назначение и классификация производственных предприятий для изготовления бетонных и железобетонных изделий.
74. Состав заводов и полигонов для производства бетонных и железобетонных изделий.
75. Технология изготовления бетонных и железобетонных изделий на заводах и полигонах.
76. Технология изготовления арматурных конструкций (виды арматуры, процесс производства арматуры).
77. Обработка арматурных сталей.
78. Формовочная оснастка.
79. Уплотнение цементобетонной смеси на стадии формования изделий.
80. Тепловая обработка железобетонных изделий.
81. Армирование изделий из предварительно – напряженного железобетона.
82. Склад арматурной стали на ЦБЗ (определение запаса и необходимой площади).
83. Организация склада готовой продукции на заводе железобетонных изделий.
84. Контроль качества готовой продукции на заводе железобетонных изделий.
85. Автоматизация производственных предприятий дорожной отрасли (способы автоматизации, уровни автоматизации). Что дает?
86. Средства автоматизации на производственных предприятиях.

87. Магнитная активация битума при получении асфальтобетонных смесей на АБЗ (схема).
88. Выбор расположения АБЗ (факторы, оценка, вариантной стоимости).
89. Состав заводов и полигонов при производстве бетонных и железобетонных изделий.
90. Техничко-экономические показатели работы ПП.

**Вспомогательный раздел**

Белорусский национальный технический университет

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
Белорусского национального  
технического университета

 А.Т. Базинович

Регистрационный № УД: 07544-19 /уч.

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ  
ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности  
1-70 03 01 «Автомобильные дороги»

· 2017г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-70 03 01-2013.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

С.С. Будниченко, доцент кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Л.Р. Мытько, заведующий кафедрой «Проектирование дорог» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент.

В.А. Гречухин, заведующий кафедрой «Мосты и тоннели» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

кафедрой «Строительство и эксплуатация дорог» Белорусского национального технического университета  
(протокол № 2 от «12» сентября 2017г.)

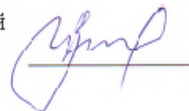
Заведующий кафедрой



С.Е. Кравченко

Методической комиссией факультета транспортных коммуникаций  
Белорусского национального технического университета  
(протокол № 2 от «10» 10 2017г.)

Председатель методической  
комиссии



В.П. Подпивалов

Научно-методическим советом Белорусского национального технического  
университета (протокол № 9 секции №1 от 25.10.2017 г.)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по учебной дисциплине «Производственные предприятия дорожного хозяйства» разработана для специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги».

Целью изучения учебной дисциплины является формирование у будущих специалистов профессиональной, практико-ориентированной компетентности в сфере технологии и организации производства дорожно-строительных материалов и изделий, а также в сфере автоматизации и экономики производственных предприятий.

Основными задачами преподавания учебной дисциплины являются:

- определение роли и значения производственных предприятий дорожного хозяйства;
- изучение технологии подготовки органических вяжущих материалов;
- изучение технологии и организации производства асфальтобетонных и органоминеральных смесей;
- изучение технологии организации производства цементобетонных смесей и изделий из них;
- изучение защиты окружающей среды при работе производственных предприятий;
- изучение основ экономики дорожных производственных предприятий.

Дисциплина базируется на знании свойств дорожно-строительных материалов изученных в дисциплине «Дорожно-строительные материалы и изделия»; теоретических положениях, изложенных в дисциплине «Физико-химические основы технологии строительных материалов», знании машин и устройств, рассматриваемых в курсе «Дорожно-строительные машины», «Основы электротехники и электроники».

В результате освоения курса «Производственные предприятия дорожного хозяйства» студент должен:

**знать:**

- роль и значение производственных предприятий дорожного хозяйства;
- основы организации производственных предприятий;
- основные вопросы разработки месторождений горных работ и переработки добываемого сырья;
- основы организации предприятий по подготовке органических вяжущих материалов и производству асфальтобетонных смесей;
- основы организации предприятий по производству цементобетонных смесей и изделий из них;
- основы автоматизации и экономики дорожных производственных предприятий;

**уметь:**

- выбирать местоположение производственных предприятий;

- проектировать производственные предприятия (асфальтобетонный и цементобетонный завод, камнедробильный завод, карьер, битумная и эмульсионная база);

- оценивать эффективность работы производственных предприятий;

- определять основные физико-механические свойства дорожно-строительных материалов в соответствии с требованиями нормативных документов и давать обоснованное заключение об их целесообразном применении;

- на основании расчетных показателей подбирать основное и вспомогательное оборудование для оснащения производственных предприятий;

**владеть:**

- практическими навыками применения материалов и технологий при производстве дорожно-строительных материалов;

- методами производственного контроля на предприятиях дорожного хозяйства;

- основными методиками расчета технико-экономических показателей производственных предприятий;

- техническими нормативно-правовыми актами в области дорожного хозяйства.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующих компетенций:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

– СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

– СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

– СЛК-4. Уметь работать в команде.

– ПК-2. Разрабатывать технические задания на проектируемый объект с учетом результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

– ПК-3. Обеспечивать разработку, сопоставление и выбор наиболее оптимального варианта автомобильной дороги с проведением технико-экономического обоснования.

– ПК-5. Знать построение математических моделей пространственных расчетов транспортных сооружений, применять методы строительной механики и механики для расчетов, в том числе с использованием численных методов и проведением автоматизированных расчетов.

– ПК-6. Выполнять конструктивные расчеты элементов автомобильных дорог и транспортных сооружений с учетом нормативных документов.

– ПК-8. Осуществлять авторский надзор за возведением или реконструкцией транспортного объекта в пределах соответствующей компетенции.

– ПК-9. Разрабатывать техническую документацию на проектируемое транспортное сооружение.



Согласно учебным планам на изучение учебной дисциплины отведено:

- для очной формы получения высшего образования всего 150 часов, из них аудиторных - 48 часов;
- для заочной формы получения высшего образования всего 150 часов, из них аудиторных – 18 часов.

Распределение аудиторных часов по курсам, семестрам и видам занятий приведено ниже.

Таблица 1.

Очная форма получения высшего образования					
Курс	Семестр	Лекции, ч.	Лабораторные занятия, ч.	Практические занятия, ч.	Форма текущей аттестации
5	9	32		16	курсовой проект, экзамен

Таблица 2.

Заочная форма получения высшего образования					
Курс	Семестр	Лекции, ч.	Лабораторные занятия, ч.	Практические занятия, ч.	Форма текущей аттестации
6	11	10		8	курсовой проект, экзамен

## **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **Раздел I. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ**

#### **Тема 1.1. Основы организации производственных предприятий дорожной отрасли**

Назначение и классификация производственных предприятий. Определение мощности производственных предприятий. Теоретические основы технологии и контроля качества продукции на предприятиях дорожной отрасли. Пути повышения качества приготовления искусственных дорожно-строительных материалов на основе органических и неорганических вяжущих

### **Раздел II. РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРНЫХ ПОРОД**

#### **Тема 2.1. Основы организации производственных процессов при разработке месторождений горных пород**

Назначение и классификация карьеров каменных материалов. Изыскания месторождений каменных материалов. Техничко-экономическая оценка месторождений. Разработка скальных горных работ. Особенности разработки месторождений (рыхлых) обломочных пород. Рекультивация земель, нарушенных открытыми горными работами.

## **Раздел III. ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

### **Тема 3.1. Камнедробильные заводы (КДЗ)**

Основные процессы камнедробильных заводов. Дробление. Качественные и количественные схемы дробления. Обогащение каменных материалов. Генеральный план камнедробильных заводов. Производство дробленого песка. Производство минерального порошка для асфальтобетона. Склады готовой продукции КДЗ. Контроль качества готовой продукции и оценка эффективности работы КДЗ. Охрана труда на КДЗ.

### **Тема 3.2. Добыча и переработка гравия и песка на гравийно-сортировочных завода**

Добыча гравия, песка и гравийно-песчаной смеси. Переработка гравийно-песчаных материалов. Передвижные дробильно-сортировочные установки.

## **Раздел IV. ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

### **Тема 4.1. Битумные базы**

Назначение, классификация и технологический процесс. Битумохранилища. Доставка битума. Хранение битума. Способы предварительного нагрева битума. Обезвоживание битума и его нагрев до рабочей температуры различными методами. Генеральный план битумной базы. Перспективные направления в работе битумных баз: капсулирование битума и производство гранулированного асфальтовяжущего вещества. Охрана труда на битумных базах.

### **Тема 4.2. Эмульсионные базы**

Назначение и классификация дорожных эмульсий. Приготовление битумных эмульсий и паст. Подготовка битумов и водных растворов эмульгаторов. Оборудование для приготовления эмульсии. Активация битумных эмульсий. Контроль качества хранения эмульсии. Приготовление битумных паст. Охрана труда на эмульсионных базах.

## **Раздел V. ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ**

### **Тема 5.1. Асфальтобетонные заводы (АБЗ)**

Назначение и классификация асфальтобетонных заводов. Стационарные и мобильные АБЗ. Выбор расположения АБЗ. Разработка генерального плана АБЗ. Склады материалов для приготовления асфальтобетонных смесей и механизация погрузочно-разгрузочных работ. Контроль качества продукции АБЗ. Охрана труда и противопожарные мероприятия на АБЗ.

## **Тема 5.2. Технология приготовления горячих асфальтобетонных смесей.**

### **Изготовление асфальтобетонных плит**

Классификация асфальтобетонных установок. Состояние итенденции развития асфальтобетонных установок. Агрегаты питания. Сушильные агрегаты. Системы очистки газов и пылеудаления. Смесительные агрегаты. Оборудование для хранения готовой смеси. Асфальтобетонный завод-автомат. Изготовление асфальтобетонных плит.

## **Тема 5.3. Активация компонентов асфальтобетонных смесей**

Активация минерального порошка. Активация песка. Активация битумов: ультразвуковой, магнитный и электрогидравлический способы. Температуропонижающие способы приготовления асфальтобетонных смесей. Повышение адгезии битума к минеральной части асфальтобетонной смеси. Перспективные методы приготовления асфальтобетонных смесей: капсулирование битума, приготовление гранулированного асфальтовязущего вещества.

## **Тема 5.4. Приготовление на АБЗ теплых асфальтобетонных, холодных органоминеральных смесей и черного щебня. Переработка старого асфальтобетона**

Приготовление теплых асфальтобетонных, холодных органоминеральных смесей. Особенности приготовления черного щебня. Особенности приготовления смесей на АБЗ в холодный период года. Переработка (регенерация) старого асфальтобетона. Особенности организации баз для обработки грунтов вяжущими.

## **РАЗДЕЛ VI. ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ**

### **Тема 6.1. Цементобетонные заводы (ЦБЗ)**

Назначение и классификация цементобетонных заводов. Выбор расположения ЦБЗ. Разработка генерального плана ЦБЗ. Классификация бетонных смесей и требования к ним. Классификация бетонов и требования к ним. Разновидности бетона для дорожного строительства. Контроль качества бетонной смеси и бетона.

### **Тема 6.2. Организация складов ЦБЗ**

Склады каменных материалов. Прирельсовый склад каменных материалов. Передвижные ленточные транспортеры. Фронтальные погрузчики. Вибро-разгрузчики. Склады цемента. Технические характеристики притрассовых и прирельсовых складов цемента. Пневматические разгрузчики всасывающе-нагнетательного действия.

**Тема 6.3. Технология приготовления цементобетонных смесей и растворов**

Бетоносмесители для приготовления бетонной смеси. Дозировочное оборудование. Автоматизация технологических процессов приготовления цементобетонной смеси. Экономическая эффективность автоматизации ЦБЗ. Приготовление строительных растворных смесей. Пылеулавливание на ЦБЗ. Транспортирование бетонных и растворных смесей. Охрана труда и техника безопасности при эксплуатации ЦБЗ.

**Тема 6.4. Заводы и полигоны для изготовления бетонных и железобетонных изделий**

Назначение и классификация предприятий для изготовления бетонных и железобетонных изделий. Состав заводов и полигонов. Технология изготовления изделий. Стендовый и агрегатный способ. Арматура и технология армирования. Заполнение форм и уплотнение смеси. Тепловлажностная обработка изделий. Контроль качества продукции. Склады готовой продукции. Охрана труда и противопожарные мероприятия на заводах железобетонных изделий.

**Раздел VII. ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ДОРОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ****Тема 7.1. Основные положения и средства автоматизации**

Основные положения. Уровни автоматизации. Средства автоматизации. Автоматизация основных технологических процессов дорожных производственных предприятий. ЦБЗ - автомат. Основные положения проектирования автоматизации дорожных производственных предприятий.

**Раздел VIII. ЭКОНОМИКА ДОРОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ****Тема 8.1. Основные положения по экономике производственных предприятий**

Технико-экономические показатели (ТЭП) работы дорожных производственных предприятий. Экономическая эффективность работы производственных предприятий дорожной отрасли. Обобщающие показатели.

**ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ**

Курсовой проект «Проектирование асфальтобетонного завода» имеет целью обобщить и закрепить знания, полученные студентом при изучении раздела «Предприятия по производству асфальтобетонных смесей и изделий из них» курса «Производственные предприятия дорожного хозяйства», развить навыки самостоятельной творческой работы, а также научить пользоваться нормативной и справочной литературой. Выполнение курсового проекта позволит привить навыки выполнения обоснованных расчетов потребности

дорожно-строительных материалов для приготовления асфальтобетонной смеси, годового фонда рабочего времени, количества смесителей, запаса материалов, площадей складов и необходимых энергоресурсов.

На выполнения курсового проекта согласно учебному плану выделяется 60 часов.

## **ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА:**

Введение (цель, задачи, пути решения).

п.1 Расчетная часть курсового проекта.

1.1 Расчет годового фонда рабочего времени.

1.2 Расчет потребности исходных материалов по видам смесей.

1.3 Выбор типа смесителей и расчет их количества.

1.4 Расчет складского хозяйства и внутризаводской транспорт.

1.5 Расчет потребности энергоресурсов.

1.5.1 Пар (с тепловым расчетом и прямка и битумохранилища).

1.5.2 Электроэнергия.

1.5.3 Сжатый воздух.

1.5.4 Вода.

п.2 Технологическая часть.

2.1 Проектирование прогрессивной технологии приготовления асфальтобетонных смесей.

2.2 Состав комплекта основного и вспомогательного оборудования АБЗ.

2.3 Инженерные сети АБЗ.

п.3 Разработка генерального плана АБЗ.

п.4 Контроль качества продукции АБЗ.

4.1 Контроль качества исходных материалов.

4.2 Контроль качества дозирования.

4.3 Контроль температурного режима.

4.4 Контроль качества готовой продукции.

4.5 Аттестация, сертификация продукции. Паспорт смеси.

п.5 Основные ТЭП.

п.6 Охрана труда, окружающей среды и противопожарная защита.

Заключение.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ДНЕВНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Номер раздела, темы,	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Формы контроля знаний
		лекции	Практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа студента	Иное	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	<b>ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ (2 ч.)</b>	2					
1.1	Основы организации производственных предприятий дорожной отрасли	2					
2.	<b>РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРНЫХ ПОРОД (4 ч.)</b>	2	2				
2.1	Основы организации производственных процессов при разработке месторождений горных пород	2	2				Защита отчета по пр. работе
3.	<b>ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ (4 ч.)</b>	2					
3.1	Камнедробильные заводы (КДЗ)	2					
3.2	Добыча и переработка гравия и песка на гравийно-сортировочных завода	2					
4	<b>ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ (6 ч.)</b>	4	2				
4.1	Битумные базы	2	2				Защита отчета по пр. работе
4.2	Эмульсионные базы	2					
5.	<b>ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ (12 ч.)</b>	8	4				
5.1	Асфальтобетонные заводы (АБЗ)	2	2				Защита отчета по пр. работе

1	2	3	4	5	6	7	8
5.2	Технология приготовления горячих асфальтобетонных смесей. Изготовление асфальтобетонных плит	2	2				Защита отчета по пр. работе
5.3	Активация компонентов асфальтобетонных смесей	2					
5.4	Приготовление на АБЗ теплых асфальтобетонных, холодных органоминеральных смесей и черного щебня. Переработка старого асфальтобетона	2					
6	<b>ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ(14 ч.)</b>	<b>8</b>	<b>6</b>				
6.1	Цементобетонные заводы (ЦБЗ)	2	2				Защита отчета по пр. работе
6.2	Организация складов ЦБЗ	2	2				Защита отчета по пр. работе
6.3	Технология приготовления цементобетонных смесей и растворов	2	2				Защита отчета по пр. работе
6.4	Заводы и полигоны для изготовления бетонных и железобетонных изделий	2					
7.	<b>ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ДОРОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ(2 ч.)</b>	2					
7.1	Основные положения и средства автоматизации	2					
8.	<b>ЭКОНОМИКА ДОРОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ(4 ч.)</b>	<b>2</b>	<b>2</b>				
8.1	Основные положения по экономике производственных предприятий	2	2				Защита отчета по пр. работе
	Курсовой проект						Защита курсового проекта
	<b>Итого за семестр</b>	<b>32</b>	<b>16</b>				<b>экзамен</b>
	<b>Всего аудиторных часов</b>	<b>48</b>					

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Номер раздела, темы,	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Формы контроля знаний
		лекции	Практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа студента	Иное	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	<b>ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ (0,5 ч.)</b>	<b>1</b>					
1.1	Основы организации производственных предприятий дорожной отрасли	1					
2.	<b>РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРНЫХ ПОРОД (1,5 ч.)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>				
2.1	Основы организации производственных процессов при разработке месторождений горных пород	1	1				Защита отчета по пр. работе
3.	<b>ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ (1 ч.)</b>	<b>1</b>					
3.1	Камнедробильные заводы (КДЗ)	1					
3.2	Добыча и переработка гравия и песка на гравийно-сортировочных завода						
4	<b>ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ (2 ч.)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>				
4.1	Битумные базы	1	1				Защита отчета по пр. работе
4.2	Эмульсионные базы						
5.	<b>ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ(5 ч.)</b>	<b>2</b>	<b>2</b>				
5.1	Асфальтобетонные заводы (АБЗ)	1	1				Защита отчета по пр. работе



1	2	3	4	5	6	7	8
5.2	Технология приготовления горячих асфальтобетонных смесей. Изготовление асфальтобетонных плит	1	1				Защита отчета по пр. работе
5.3	Активация компонентов асфальтобетонных смесей						
5.4	Приготовление на АБЗ теплых асфальтобетонных, холодных органоминеральных смесей и черного щебня. Переработка старого асфальтобетона						
6	<b>ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ (6 ч.)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>				
6.1	Цементобетонные заводы (ЦБЗ)	1	1				Защита отчета по пр. работе
6.2	Организация складов ЦБЗ		1				Защита отчета по пр. работе
6.3	Технология приготовления цементобетонных смесей и растворов		1				Защита отчета по пр. работе
6.4	Заводы и полигоны для изготовления бетонных и железобетонных изделий	1					
7.	<b>ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ДОРОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ (0,5 ч.)</b>	<b>1</b>					
7.1	Основные положения и средства автоматизации	1					
8.	<b>ЭКОНОМИКА ДОРОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ (1,5 ч.)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>				
8.1	Основные положения по экономике производственных предприятий	1	1				Защита отчета по пр. работе
	Курсовой проект						Защита курсового проекта
	<b>Итого за семестр</b>	<b>10</b>	<b>8</b>				<b>экзамен</b>
	<b>Всего аудиторных часов</b>	<b>18</b>					

## Информационно-методическая часть

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основная литература

1. Производственные предприятия дорожной отрасли. Основы проектирования: учебно-методическое пособие / Я.Н. Ковалев, С.С. Будниченко, М.Г. Солодка. – Минск: БНТУ, 2018.
2. Производственные предприятия дорожной отрасли: учеб. пособие / Я.Н. Ковалев и др. - Мн.: «Арт Дизайн», 2009.
3. Силкин В.В., Лупанов А.П. Асфальтобетонные заводы. Учеб.пособие. - М.: Экон.-информ, 2008.
4. Силкин В.В., Лупанов А.П. Цементобетонные заводы. Учеб.пособие. - М.: Экон.-информ, 2009.
5. Ковалев Я.Н. Активационные технологии дорожных композиционных материалов. - Мн.: БелЭн, 2002.
6. Асфальтобетонные и цементобетонные заводы: Справочник / В.И. Колышев, П.П. Костин, В.В. Силкин, Б.Н. Соловьев. - М: Транспорт, 1982.

#### Дополнительная литература

1. Технология строительства автомобильных дорог, ч. III. Производственные предприятия дорожного строительства / В.М. Сиденко, О.Т. Батраков, А.И. Леушин. Киев, «Вища школа», 1970.
2. Проектирование производственных предприятий дорожного строительства. Учеб.пособие для вузов. - М.: «Высшая школа», 1975.
3. Сорочер В.И. Примеры и задачи по технологии бетонных и железобетонных изделий. Учеб.пособие для вузов. - М. «Высшая школа», 1972.
4. Справочник инженера-дорожника. Строительство автомобильных дорог. - М.: «Транспорт», 1969.
5. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Учеб. пособие для вузов / Н.В. Горелышев, СМ. Полосин-Никитин, М.С. Коганзон и др. Под ред. Н.В. Горелышева. - М.: «Транспорт», 1992.

#### Средства диагностики результатов учебной деятельности

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь.

Для оценки достижений студента используется следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время практических занятий;
- защита выполненных на практических занятиях индивидуальных заданий;

- проведение текущих контрольных вопросов по отдельным темам;
- защита курсового проекта;
- сдача экзамена по дисциплине.

### **Перечень тем курсовых проектов**

Курсовое проектирование по дисциплине «Производственные предприятия дорожного хозяйства» ведется по тематике «Проектирование асфальтобетонного завода» с индивидуальными исходными данными:

- область проектирования и строительства будущего завода;
- планируемый годовой выпуск продукции с указанием номенклатуры;
- местоположение проектируемого предприятия;
- режим работы предприятия.

### **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов**

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- подготовка курсового проекта по индивидуальным заданиям, в том числе разноуровневым.

### **Перечень тем практических занятий**

1. Техничко-экономическая оценка месторождений горных пород.
2. Технологические расчеты работы битумных баз и битумного хозяйства на асфальтобетонных заводах.
3. Расчет годового фонда рабочего времени асфальтобетонного завода. Выбор основного и вспомогательного оборудования.
4. Расчет необходимых энергоресурсов для работы асфальтобетонного завода.
5. Расчет бетоносмесительного цеха. Статистический контроль прочности бетона.
6. Расчет складского хозяйства и внутризаводского транспорта АБЗ и ЦБЗ.
7. Технологические расчеты тепловой обработки бетона.
8. Расчет основных технико-экономических показателей работы производственных предприятий.