

**Международный центр научной и технической информации  
Союз производителей и потребителей экологически чистых  
изделий из пенополиуретана**

# **Программа**

**подготовки технологов для работы на  
предприятиях по производству  
предизолированных труб в  
пенополиуретановой изоляции**

Москва  
2015

# 1. Основные обязанности технолога на производстве труб в пенополиуретановой изоляции (ППУ-изоляции)

## Квалификационные требования:

На должность технолога назначается лицо, имеющее высшее, профессиональное (техническое образование).

### Технолог должен знать:

- ✓ нормативную, технологическую и конструкторскую документацию;
- ✓ технологию производства продукции предприятия, перспективы технического развития предприятия;
- ✓ основное технологическое оборудование и принцип его работы;
- ✓ технические характеристики и экономические показатели лучших отечественных и зарубежных технологий, аналогичных используемым;

- ✓ технические требования, предъявляемые к сырью, материалам и готовой продукции;
- ✓ стандарты и технические условия;
- ✓ виды брака и способы его предупреждения;
- ✓ нормативы расхода сырья, материалов, топлива, энергии;
- ✓ постановления, распоряжения, приказы вышестоящих органов и другие руководящие материалы по вопросам производственного планирования на предприятии;
- ✓ организацию производства, производственные мощности и возможности цеха, узкие места, номенклатуру выпускаемой продукции, виды выполняемых работ;
- ✓ технологию производства работ;

- ✓ организацию учета хода производства;
- ✓ специализацию участков и связь между ними;
- ✓ организацию работ по устранению дефектов продукции цеха в условиях трассы и замены дефектных узлов;
- ✓ основы экономики, научной организации труда и управления;
- ✓ современные средства вычислительной техники, коммуникации и связи;
- ✓ основы трудового законодательства, правила и нормы охраны труда, техники безопасности, производственной санитарии и противопожарной защиты.



## Основные обязанности технолога

- ✓ Технолог разрабатывает и внедряет:
  - прогрессивные технологические процессы;
  - виды оборудования и технологической оснастки;
  - средства автоматизации и механизации технологических процессов производства предизолированных труб (ПИ-труб) в ППУ изоляции;
  - оптимальные режимы производства на выпускаемую продукцию и все виды по сложности работ.
- ✓ Устанавливает и внедряет порядок выполнения работ, разрабатывает технологические инструкции, технологические карты, карты операционного контроля на выпуск ПИ-труб.

- ✓ Рассчитывает производственные мощности и загрузку технологического оборудования.
- ✓ Рассчитывает нормы расхода сырья и материалов на выпускаемую продукцию.
- ✓ Проводит экспериментальные работы по освоению новых технологических процессов, испытанию новых видов сырья и материалов. Подбирает режимы заливки при опробовании ППУ-систем разных поставщиков. По итогам работ проводит анализ и составляет акты-отчеты о возможности их использования в производстве.
- ✓ Осуществляет контроль за работой оборудования и соблюдением технологической дисциплины в цехах при производстве ПИ-труб.

- ✓ Совместно с цеховым персоналом проводит еженедельную калибровку заливочных машин с составлением актов-отчетов.
- ✓ Контролирует учет образования отходов при производстве ПИ-труб и возможность снижения.
- ✓ Анализирует причины образования брака и выпуска продукции низкого качества, разрабатывает мероприятия по их предупреждению и устранению.
- ✓ Изучает передовой и зарубежный опыт в области технологии производства ПИ-труб.
- ✓ Повышает свою деловую квалификацию посредством участия в семинарах и совещаниях.

Технолог назначается на должность и освобождается от должности приказом руководителя предприятия в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации.

Технолог непосредственно подчиняется руководителю соответствующего структурного подразделения предприятия.

## 2. Обзор заливочного оборудования для ПИ-труб и фасонных изделий, представленного на рынке Российской Федерации

На сегодняшний день на рынке производства труб в пенополиуретановой изоляции представлен большой выбор заливочных машин высокого и низкого давления. Машины высокого давления используются для периодической заливки труб длиной 6–12 м. Как правило, заливочные машины низкого давления используются для заливки гибких труб. Основными производителями заливочных машин высокого и низкого давления считаются Cannon (Италия), Krauss Maffei (Германия), KWH pipe (Финляндия), Hennecke (Германия) и российские компании ЗАО «Полимер-Комплекс» и ООО «СтройТеплоИнвест».

При заливке изделий из пенополиуретана (ППУ) применяются такие принципы перемешивания системы пенополиуретановых компонентов, как:

- перемешивание при низком давлении;
- перемешивание при высоком давлении.

При заливке на машине низкого давления невозможно получить однородную массу с заданным соотношением, что необходимо для нормального вспенивания компонентов. Это приводит к тому, что для получения изделия необходимо заведомо увеличить количество сырья.

## Другие отрицательные аспекты заливки изделий на машине низкого давления:

- погон и опережение компонента. В начальный момент заливки в форму попадает некоторое количество неперемешанного компонента, вследствие чего в изделии возникает локальный объем с сильно нарушенным соотношением, степень усадки которого невозможно предугадать. Из-за неравномерного распределения внутренних напряжений изделие обязательно «поведет» (большое отклонение от заданных геометрических размеров и формы);
- необходимость промывки. После нескольких циклов заливки необходима промывка машины с целью предотвращения вспенивания внутри нее остатков компонента, что приводит к остановке производственного процесса;

- значительная трудоемкость обслуживания;
- необходимость наличия персонала высокой квалификации для технического обслуживания заливочной машины.

Заливочная машина высокого давления (перемешивание сырьевых материалов осуществляется на молекулярном уровне за счет взаимного соударения двух разнонаправленных гидротоков под давлением 100–150 атм.) для производства изделий из ППУ является следующим этапом развития технологии формования ППУ. Сама идея создания машины высокого давления подразумевала исключение из технологической цепи всех вышеперечисленных минусов, а также исключения человеческого фактора.



Использование новой системы управления, спроектированной по другим принципам самоочищающейся заливочной головки и использования гидравлики в качестве исполнительного механизма, позволило обеспечить принципиально иное качество изделий и существенно удешевить процесс производства изделий из ППУ. Среди основных плюсов можно также отметить следующие:

- отличное перемешивание;
- отсутствие погона и опережения компонента;
- минимальная трудоемкость производства изделий из ППУ;
- отсутствие необходимости промывки;
- повторяемость дозы;

- низкая себестоимость изделия;
- возможность переработки различных систем (в том числе – с различным соотношением составляющих);
- снижение расхода компонента на 10% при одинаковом объеме заливки.

### **3. Подбор технических характеристик заливочной машины**

При выборе машины высокого давления для заливки ПИ-труб предпочтение отдается заливочным машинам с высокой производительностью. Для труб малого диаметра и фасонных изделий рекомендуется использовать заливочные машины с производительностью до 200 кг/мин. При подборе технических характеристик заливочных машин возможность покомпонентного впрыска является важной характеристикой, так как точно выдержанное соотношение полиольного компонента и изоцианата играет значимую роль при производстве труб в ППУ-изоляции.

Комплексные производственные системы могут быть сопряжены с карусельными установками, заливочными модулями, системами хранения и предварительного смешивания компонентов, системами загрузки / разгрузки.

В подобных системах применяются альтернативные вспениватели (пентан) или несколько головок.

Заливочные машины высокого давления могут быть представлены в разных исполнениях:

- регулировка соотношения и расхода может осуществляться вручную или автоматически;
- управление расходом и соотношением компонентов с обратной связью: параметры заливки и соотношение компонентов могут быть разными как в каждом цикле, так и в рамках одного цикла заливки;

➤ В защитном исполнении для работы с циклопентаном, изобутаном и пр.

Постоянная температура компонентов может обеспечиваться благодаря точной регулировке температуры за счет комбинированного воздействия термоизолированной емкости в рубашке теплообменника, ТЭНов, пригодных для самых тяжелых условий эксплуатации, а также отсекателей рециркуляции.

Система управления должна в реальном масштабе времени визуализировать значения основных технологических параметров: расход и соотношение компонентов, время заливки, вес заливки, температуру и давление.

В случае прекращения производственного цикла на короткий или длительный срок, а также в целях предотвращения осаждения компонентов в емкостях должна быть предусмотрена возможность программирования и включения машины на менее интенсивный цикл работы системы, поддерживающий рециркуляцию компонентов под низким или высоким давлением.

## **4. Выбор сырья (систем химических компонентов) для теплоизоляции труб. Определение технологической пробы (проверка сырья). Оснащенность заводской лаборатории**

Пенополиуретан получается в результате вступления в реакцию двух жидких химических элементов – изоцианата и полиола. Для пены, используемой в изоляции труб, обычно используются полимерный дифенилметандиизоцианат (полимерный MDI) и простые полиэфиры с концевыми гидроксильными группами. Химическая реакция определяется выбором технологического процесса и используемых добавок и катализаторов. Введение вспенивающих агентов увеличивает полимер в объеме, в результате чего получается пенополиуретан.

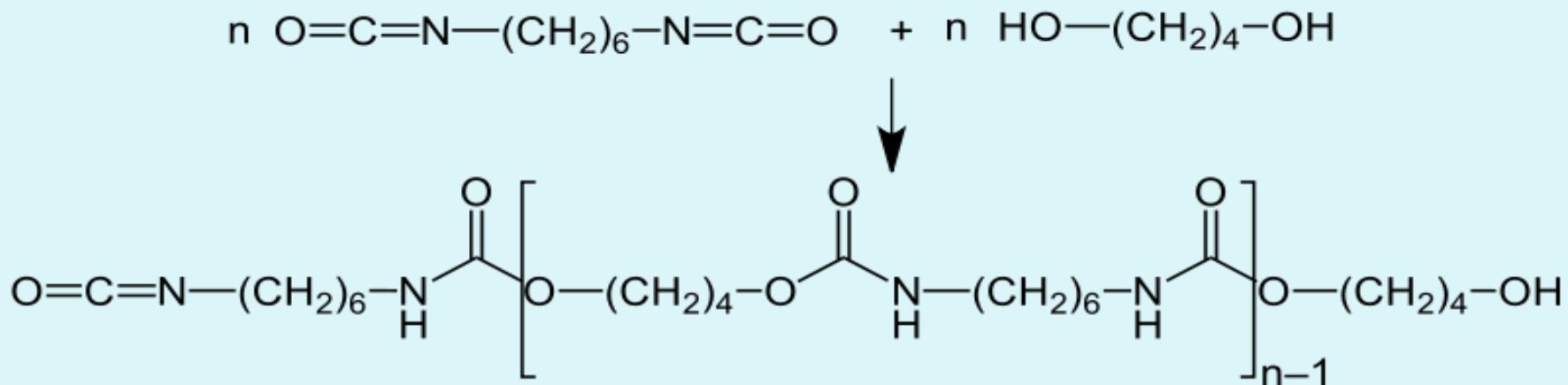
Полиуретаны можно получать реакциями полиприсоединения и поликонденсации. На практике наибольшее распространение получила реакция полиприсоединения, основанная на взаимодействии ди- или полиизоцианатов с соединениями, содержащими не менее двух гидроксильных групп в молекуле. Полиолы и изоцианаты вступают в реакцию в присутствии катализаторов и добавок, в результате чего образуются различные полиуретаны.

Реакция проходит в несколько этапов. Вначале из диола и диизоцианата формируются бифункциональные молекулы изоцианата, имеющие группу ( $-N=C=O$ ) и гидроксильные группы ( $-OH$ ).



В результате прохождения цепной реакции на обоих концах молекулярных групп образуются короткие цепочки структурно идентичных и однородных полимеров, которые могут быть полимеризованы с другими мономерами.

Реакция присоединения полиолов:



В реакционную смесь добавляют незначительное количество воды, и в результате прохождения реакции с частью изоцианатных групп образуется диоксид углерода, который является основным фактором вспенивания при использовании воды как химического вспенивателя. Наряду с введением воды в реакцию возможно применение физических вспенивателей, таких как пентан и его изомеры, смесь фреонов ГФУ-365mfc / ГФУ-227ea, метиллаль, метилфармиат и др. В то же время первичная аминогруппа вступает в реакцию с изоцианатом и замещает мочевины, в результате чего достигается устойчивость цепи.

Реакция полиизоцианатов с водой и образование углекислого газа:



# Исходные вещества для получения полиуретанов:

*Полиолы (гидроксилсодержащие соединения):*

1) олигогликоли – продукты (молекулярной массой 1000–5000) гомо- и сополимеризации ТГФ, пропилен- и этиленоксидов (полиоксиалкиленгликоли), дивинила, изопрена (олигодиедиолы);

2) сложные полиэфиры с концевыми группами ОН – линейные продукты поликонденсации адипиновой, фталевой и других дикарбоновых кислот с этилен-, пропилен-, бутилен- или другими низкомолекулярными гликолями; разветвленные продукты поликонденсации перечисленных кислот и гликолей с добавкой триолов (глицерина, триметилпропана), продукты полимеризации  $\epsilon$ -капролактона.

Гидроксилсодержащий компонент определяет в основном комплекс физико-механических свойств полиуретанов.

### *Изоцианаты:*

Толуилендиизоцианаты (ТДИ), 4,4'-дифенилметан- (МДИ), 1,5-нафтилен- (НДИ), гексаметилен- (ГДИ) диизоцианаты, полиизоцианат (ПИЦ) и другие. Строением изоцианата определяются скорость уретанообразования, прочностные показатели, свето- и радиационная стойкость, жесткость полиуретанов.

Популярность пенополиуретана основывается на его исключительных свойствах, которые препятствуют потере тепла и способствуют поддержанию температуры в холодной окружающей

среде, предохраняя, таким образом, от замерзания или растрескивания. Эта способность сохранять энергию приводит к экономической эффективности систем трубопроводов. Другие важные характеристики – высокая механическая прочность, гибкость и хорошая текучесть, что необходимо для равномерного заполнения и изоляции секций трубопровода.

Основными производителями ППУ в Российской Федерации в настоящее время являются следующие системные дома: ООО «Дау Изолан», ЗАО «Хансманн-НМГ», ООО «Эластокам» и компания Covestro (в прошлом – BayerMaterialScience). Все ППУ-системы обязательно должны быть сертифицированы.

При выборе ППУ-системы необходимо ориентироваться на выпускаемый предприятием ассортимент продукции. Как правило, для фасонных изделий используются системы с быстрым стартом (порядка 36 с), что позволяет иметь более быстрое время формирования пены в изделии, исключить ее подтекание из-под фланцев и повысить производительность. Для прямых труб подбираются системы с временем старта порядка 40–60 с, в зависимости от производительности заливочных машин на производствах ПИ-труб и диаметра выпускаемых труб. В соответствии с нормативно-технической документацией (НТД) на ППУ-системы они имеют разные технические характеристики.

## 5.1. Определение технологической пробы (проверка сырья)

У каждой вновь поступающей партии компонентов ППУ на производство ПИ-труб в заводской лаборатории должны определяться показатели, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

### Показатели технологической пробы

Материалы	Наименование показателя технологической пробы	Нормативная величина
Смесь компонентов для приготовления ППУ	<ul style="list-style-type: none"><li>• время старта, с</li><li>• время гелеобразования, с</li><li>• время полного подъема пены, с</li><li>• время отлипа пены, с</li><li>• плотность при свободном вспенивании, кг/м<sup>3</sup></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• от 40 до 60</li><li>• от 180 до 240</li><li>• 300–350</li><li>• 350–500</li><li>• от 33 до 40</li></ul>

Технологическую пробу следует изготавливать по соответствующей для каждой марки ППУ рецептуре и технологии приготовления композиции в смесительной посуде.

### **Получение технологической пробы.**

Предварительно определяют температуру компонентов. Для этого пробы компонентов полиола и модифицированного полимерного дифенилметандиизоцианата тщательно перемешивают стеклянными палочками и термостатируют в климатической камере при температуре  $(22 \pm 2) ^\circ\text{C}$  в течение 15–20 мин (либо при температуре, указанной производителем систем компонентов).



На лабораторных весах взвешивают в стакане из полимерных материалов вместимостью 500–600 см<sup>3</sup> смесь полиольных компонентов в количестве:

а)  $20,0 \pm 0,5$  г. Затем в этот же стакан отвешивают модифицированный полимерный дифенилметандиизоцианат в количестве, рекомендованном предприятием-изготовителем в зависимости от марки систем компонентов в соотношении от 1,0:1,45 до 1,0:1,8. Взвешенные компоненты перемешивают с помощью механической мешалки (1500–2000 об/мин) в течение 7–10 с, аккуратно и плавно передвигая стакан со смесью вдоль оси мешалки для равномерного смешивания;

б) либо для исключения образовавшихся потеков смеси на краях стакана после смешивания и более точного определения времени старта взвешивают  $40,0 \pm 0,5$  г полиола. Затем в этот же стакан отвешивают модифицированный полимерный дифенилметандиизоцианат в количестве, рекомендованном предприятием-изготовителем в зависимости от марки смеси полиольных компонентов в соотношении от 1,0:1,45 до 1,0:1,8. Взвешенные компоненты перемешивают с помощью механической мешалки (1500–2000 об/мин) в течение 7–10 с и сразу же выливают в заранее приготовленный пустой стакан из полимерных материалов в количестве, рассчитанном на 20 г полиольного компонента.

Для трубной марки это количество составляет 56 г при соотношении компонентов системы, например, 1:1,8 (20 г А + 36 г Б).

Далее проводят определение времени старта, гелеобразования и подъема пены. Определение проводят в процессе смешения и получения ППУ.

*Время старта (с)* – время от начала перемешивания смеси до начала увеличения объема, определяемого по изменению цвета, образованию пузырьков и заметному увеличению объема.

*Время гелеобразования (с)* – время от начала перемешивания смеси до момента, когда из поднимающейся пены при прикосновении стеклянной палочки можно получить тянущиеся нити.

Для определения гелеобразования стеклянная палочка погружается во вспенивающуюся массу на глубину 5–10 мм с интервалом в 2 с. В этот момент отмечается время по секундомеру без его остановки.

*Время полного подъема пены (с)* – время от начала перемешивания смеси до момента, когда прекращается рост пены в форме. В этот момент отмечается время по секундомеру.

*Время отлипа пены (с)* – время от начала перемешивания смеси до момента, когда пена не прилипает при легком прикосновении к ней стеклянной палочкой.

*Определение кажущейся плотности* (а также плотности в изделии) проводят по ГОСТ 17177–94:

- в отдельном стакане получают ППУ путем смешивания компонента А (полиола) с компонентом Б (модифицированным полимерным дифенил-метандиизоцианатом) согласно вышеприведенному описанию без замера времени гелеобразования и оставляют на сутки при температуре 20–25 °С для полного «созревания» ППУ;
- спустя сутки из полученного ППУ вырезают образец с размерами 50 ( $\pm 1$ ) мм  $\times$  50 ( $\pm 1$ ) мм  $\times$  50 ( $\pm 1$ ) мм. Вырезку пены осуществляют с верхней шапки образовавшейся пены, которая выходит из стакана;

- термостатируют вырезанный кусок пены 1 час при комнатной температуре (20–25 °С);
- взвешивают на весах с допускаемой погрешностью взвешивания +0,0001 г;
- кажущуюся плотность определяют по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где:  $m$  – масса образца ППУ, кг;  $V$  – объем образца ППУ, м<sup>3</sup>;

- для получения более точного значения плотности пены производят подготовку и определение трех образцов. Среднее значение будет являться кажущейся плотностью материала.

В случае если композиция не вспенилась, следует проверить еще раз используемые компоненты (марку, срок годности), правильность дозировки и произвести повторное вспенивание.

Если при повторном проведении технологической пробы композиция не вспенилась, следует сообщить об этом поставщику сырья и заменить компоненты на новые.

## 5.2. Оснащенность заводской лаборатории

Для осуществления входного контроля систем компонентов, применяемых для получения ППУ, контроля качества готовой продукции, а также качества ПЭ-оболочки заводская лаборатория должна быть оснащена (по возможности) следующими приборами:

- ✓ лабораторные весы;
- ✓ верхнеприводная мешалка;
- ✓ шкаф сушильный;
- ✓ машина испытательная для определения прочности пен при 10% сжатии;
- ✓ измеритель теплопроводности пен;



- ✓ автоматический потенциометрический титратор для определения массовой доли влаги в компонентах (в полиоле) по Фишеру;
- ✓ измеритель вязкости динамической;
- ✓ вибрационный измеритель плотности жидкостей (компонентов);
- ✓ набор химреактивов для определения гидроксильного числа (по ГОСТ 25261–82);
- ✓ пластомер экструзионный для определения ПТР расплава полиэтилена;
- ✓ испытательная разрывная машина;
- ✓ тест-маркеры (№ 35–41) для определения активации поверхности (наличия коронации на ПЭ-оболочке).

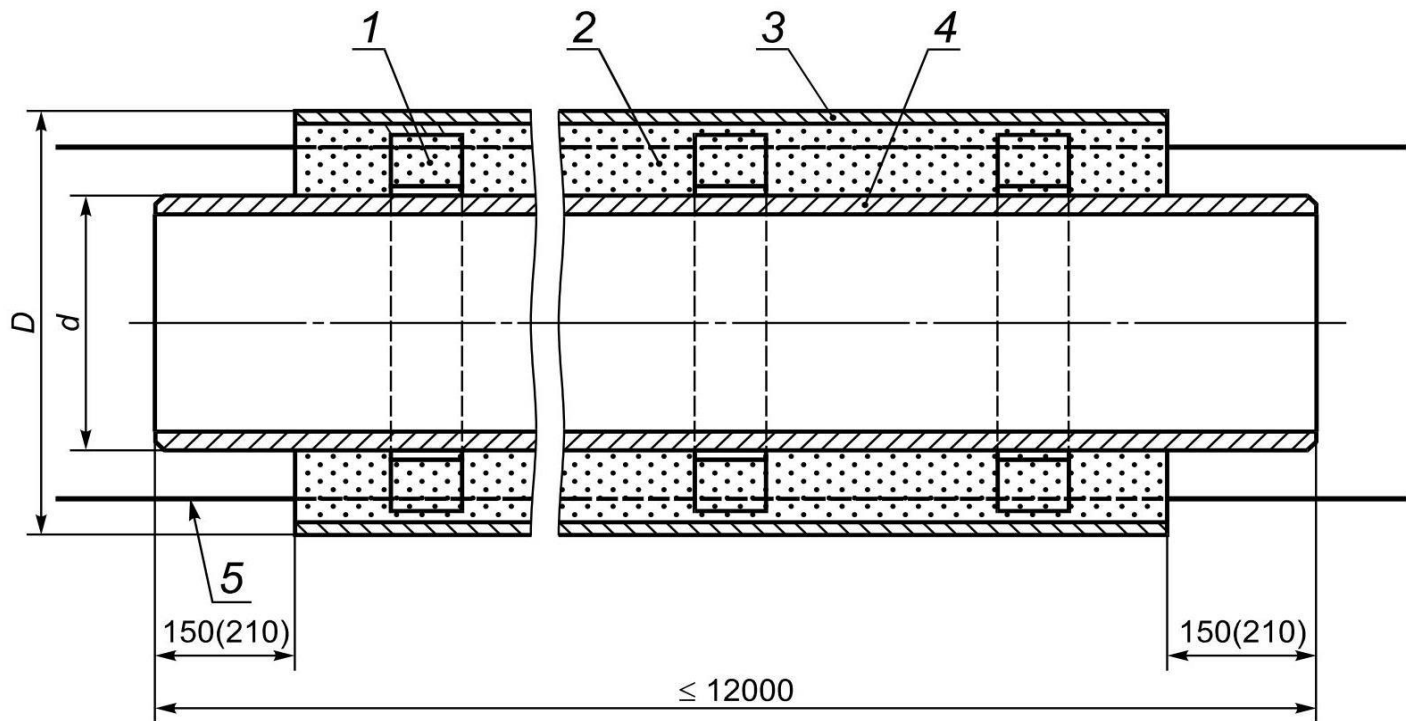
## 5. Технология производства ПИ-труб в ППУ-изоляции

Стальные трубы с наружным диаметром 32-1220мм с тепловой изоляцией из пенополиуретана предназначены для прокладки тепловых сетей с рабочим давлением до 1,6 МПа и постоянной температурой теплоносителя до 413К (140°C), а также для прокладки тепловых сетей, работающих по графику качественного регулирования с температурой теплоносителя до 423К (150°C).

Готовые изделия представляют собой конструкции, состоящие из стальных труб с установленными на них центрирующими опорами из полиэтилена низкого давления и защитной оболочки.

Промежуточное пространство между поверхностью стальной трубы и внутренней поверхностью оболочки заполнено отвердевшим пенополиуретаном, адгезионно связанным со стальной трубой и наружной гидроизоляционной оболочкой.

По всей длине трубы проходят провода СОДК.



1 - центрирующая опора, 2 - теплоизоляция из ППУ, 3 - стальная оболочка (показана условно), 4 – стальная труба, 5 - проводники-индикаторы системы ОДК (показаны условно).

Рисунок 1- Конструкция трубы с изоляцией из ППУ.

Для строительства тепловых сетей применяются трубы, отвечающие требованиям «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» (ПБ 10573-03) Госгортехнадзора России.

Стальные отводы, тройники, переходы и др. должны соответствовать требованиям ГОСТ 17375, ГОСТ 17376, ГОСТ 17378 и ГОСТ 17380 и другой нормативной документации.

Расположение поперечных сварных швов на трубах должно соответствовать требованиям РД 34.15.027. На наружной поверхности трубы не должно быть трещин и коррозионных поражений в виде каверн.

Перед нанесением теплоизоляции поверхность стальных труб и стальных фасонных деталей должна быть высушена и очищена от масла, жира, ржавчины, окалины, пыли до степени очистки 3 в соответствии с ГОСТ 9.402. Допускается нанесение на трубы и фасонные изделия специальных антикоррозионных покрытий (РД 153-34.0-20.518).

Для обеспечения минимальных тепловых потерь в трубопроводе в качестве теплоизоляционного слоя труб и фасонных изделий используется жесткий пенополиуретан (далее – ППУ) на основе сертифицированных в Российской Федерации систем компонентов.

Пенополиуретан в разрезе должен иметь однородную мелкоячеистую структуру. Пустоты размером более  $1/3$  толщины пенополиуретана не допускаются.

Допускается неоднородность структуры пенополиуретановой термоизоляции в кольцевой зоне на расстоянии до 5 мм от поверхности стальной трубы.

Плотность среднего слоя пенополиуретана должна быть не менее  $60 \text{ кг/м}^3$ .

Прочность на сжатие при 10 % деформации пенополиуретана в радиальном направлении должно быть не менее 0,3 МПа.

Водопоглощение по объему пенополиуретана после кипячения в течение 90 мин в дистиллированной воде не должно быть более 10 %.

Теплопроводность пенополиуретана не должна превышать 0,033 Вт/ (м·К) при средней температуре 50<sup>0</sup>С.

В теплоизоляционном слое из пенополиуретана протягиваются проводники-индикаторы (далее – проводники СОДК), обеспечивающие постоянный контроль за состоянием увлажнения изоляции путем устройства сигнализирующей системы контроля.

В качестве проводников используются провода из неизолированной мягкой меди марки ММ, сечением 1,5 мм<sup>2</sup>.



Проводники располагаются параллельно оси трубы в плоскости одного сечения, проходя через центрирующие опоры или другие устройства на расстоянии  $20 \pm 2$  мм от поверхности трубы и имеют необходимое предварительное натяжение.

При верхнем положении продольного шва стальной трубы проводники СОДК находятся в положениях 3 и 9 ч. При диаметре стальной трубы до 426 мм включительно теплоизолированная труба имеет два проводника СОДК, при диаметре стальной трубы более 530 мм теплоизолированная труба имеет три проводника СОДК, находящихся в положении 3, 9 и 12 ч. соответственно.

Продольный шов стальной трубы располагается в положении  $(12 \pm 2)$  ч. По желанию заказчика может устанавливаться 4 проводника системы ОДК в положении 3,6,9,12ч.

Электрическое сопротивление между стальной трубой и соединенными проводниками-индикаторами, стальной оболочкой и соединенными проводниками-индикаторами, а так же между стальной трубой и оболочкой отдельного изделия должно быть не менее 100 МОм при испытательном напряжении 500 В.

Для центровки защитной оболочки относительно стальной трубы используются центрирующие опоры (центраторы). Центрирующие опоры должны быть изготовлены из литевых марок полипропилена по ГОСТ 26996, полиэтилена низкого давления по ГОСТ 16338 или других полимерных материалов. Допускается изготовление комбинированных опор с опорной частью из полипропилена или полиэтилена и стягивающих поясов из металлической или полимерной ленты. Обод центратора должен быть снабжен замком, обеспечивающим его быстрое защелкивание и надежное крепление на трубе. Для кольцевых центрирующих опор на двух диаметрально расположенных ножках центратора должны быть ушки для пропуска контрольных проводов.

Для сборных центрирующих опор ушко должно быть на каждом сегменте. Ушко центрирующей опоры должно быть цельным и находиться от основания ножки на расстоянии 20мм в соответствии с ГОСТ 30732-2006 п.5.1.9.

На видимой части центратора должно быть выполнено тиснение с соответствующим диаметром трубы-оболочки для кольцевых и высота ножки для сборных центрирующих опор.

## 6.1. ПИ-трубы для подземной и наземной прокладки. Соответствие требованиям нормативной документации

Предизолированные трубы должны соответствовать ГОСТ 30732–2006.

Для изготовления оболочки труб, предназначенных для подземной прокладки тепловых сетей, должна применяться полиэтиленовая труба, исключающая увлажнение теплоизоляционного слоя в процессе эксплуатации, произведенная методом экструзии из полиэтилена низкого давления по ГОСТ16338, марки полиэтилена не ниже ПЭ-80 по ГОСТ 18599.

Плотность ПЭ трубы-оболочки должна быть не менее 944 кг/м<sup>3</sup>, содержание сажи — (2,0-2,5) % от массы.

Изменение длины трубы-оболочки в продольном направлении после прогрева при 110<sup>0</sup>С, должно быть не более 3%.

Относительное удлинение трубы-оболочки при разрыве должно быть не менее 350 %.

Труба-оболочка должна быть устойчива к разрыву при температуре 80<sup>0</sup>С и постоянном давлении (при начальном напряжении в стенке трубы 4,00±0,04МПа), не менее 1000ч. Для улучшения адгезивных свойств полиэтиленовой трубы-оболочки к пенополиуретану, поверхности труб-оболочек должны быть обработаны высоковольтным разрядом (коронация).

Коронирование ПЭ-оболочки обеспечивает появление микрошероховатости на внутренней поверхности ПЭ-оболочки и повышение поверхностного натяжения, что важно для обеспечения хорошей адгезии. Степень коронации можно определить с помощью тестовых маркеров № 35–41 Асси Dyne Test, проводя ими по внутренней поверхности ПЭ-оболочки. Линия должна быть непрерывна.

В качестве защитных оболочек изолированной трубы, исключающих увлажнение основного теплоизоляционного слоя в процессе эксплуатации, предназначенных для надземной прокладки тепловых сетей, должны применяться спиральновитые оболочки (далее – ОЦ трубы-оболочки), из тонколистовой оцинкованной стали с завальцованным (наружным или внутренним) герметичным швом.

Толщина стенки оболочки из тонколистовой оцинкованной стали должна быть в зависимости от диаметра не менее 0,55 мм. Длина спиральновитых оболочек из тонколистовой оцинкованной стали должна равняться длине теплоизоляционного слоя.

Типоразмеры стальных труб и соответствующих диаметров труб-оболочек приведены в таблице 2.



Таблица 2

Наружный диаметр и минимальная толщина стенки стальной трубы*, мм	Диаметр ПЭ оболочки/толщина, мм		Диаметр ОЦ оболочки/толщина, мм
	Тип 1	Тип 2	
32x3,0	125/2,5	-	125/0,55
38x3,0	125/2,5	-	125/0,55
45x3,0	125/2,5	-	125/0,55
57x3,0	125/2,5	140/3,0	125/0,55
76x3,0	140/3,0	160/3,0	140/0,55
89x4,0	160/3,0	180/3,0	160/0,5
108x4,0	180/3,0	-	180/0,6
133x4,0	225/3,5	250/3,9	225/0,6
159x4,5	250/3,9	-	250/0,7
219x6,0	315/4,9	-	315/0,7
273x7,0	400/5,6	450/5,6	400/0,8
325x7,0	450/5,6	-	450/0,8
426x7,0	560/7,0	-	560/1
530x7,0	710/8,9	-	711/1
630x8,0	800/10,0	-	800/1
720x8,0	900/11,2	-	914/1
820x9,0	1000/12,4	-	1000/1
1020x11,0	1200/14,9	-	1250/1
1220x11,0	-	-	1400/1

\* Толщину стенки стальной трубы устанавливают в проекте

Отклонение осевых линий стальной трубы и оболочки на торцах изолированной трубы приведены в таблице 3.

Таблица 3

<b>Наружный диаметр оболочек</b>	<b>Отклонение осевых линий</b>
<b>до 160 включ.</b>	<b>3,5</b>
<b>Св. 160 до 400 включ.</b>	<b>5,0</b>
<b>Св. 400 до 630 включ.</b>	<b>8,0</b>
<b>Св. 630 до 800 включ.</b>	<b>10,0</b>
<b>Св. 800 до 1200 включ.</b>	<b>14,0</b>
<b>Св. 1200 до 1375 включ.</b>	<b>16,0</b>

## 6.2. Основные технологические операции при производстве труб в ППУ-изоляции

Технологический процесс изготовления труб с индустриальной теплоизоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой или стальной оболочке включает следующие основные стадии:

- прием и входной контроль компонентов пенополиуретана;
- прием и входной контроль гранулированного полиэтилена;
- прием и входной контроль стальных труб;
- прием и входной контроль центрирующих опор;
- дробеметная очистка стальных труб;
- изготовление оболочек;

-подготовка компонентов для изготовления пенополиуретана, состоящего из полиольного компонента и изоцианата;

-сборка конструкции “труба в трубе”;

-подготовительные операции перед нанесением пенополиуретана;

-заливка пенополиуретана;

-контроль готовой продукции;

-маркировка и складирование готовых изделий;

## Приемка сырья и основных материалов

Все поступающие материалы должны иметь сертификаты качества предприятий-изготовителей. Применение материалов, не имеющих сертификатов, не допускается.

У каждой вновь поступающей партии компонентов ППУ должны определяться показатели, приведенные в табл. 1.

У каждой вновь поступающей партии полиэтилена определяется показатель текучести расплава на соответствие сертификату качества.

Стальные трубы должны пройти входной контроль на соответствие требованиям НД.

## Условия хранения сырья и материалов

Все поступающее на предприятие сырье и материалы должны храниться на сухих складах. Запрещается хранение сырья и материалов на открытом воздухе под воздействием прямых солнечных лучей. На складе должна поддерживаться температура в пределах от +10 до +25 °С.

При длительном хранении (перевозке) пенополиуретановых компонентов при отрицательной температуре необходимо их выдерживать в теплом помещении не менее суток до использования. Равномерный прогрев восстанавливает технологические свойства компонентов.

Не рекомендуется оставлять изоцианатный компонент открытым при непосредственном контакте с воздухом.

Компонент Б в данном случае реагирует с водой, содержащейся в воздухе, и кристаллизуется с образованием пленки на поверхности. Срок годности компонентов (А и Б) при указанных выше температурах, как правило, составляет для компонента А – 6 мес. с даты производства и для компонента Б – 12 мес. Срок годности компонентов, хранящихся на складе, может быть продлен при удовлетворительных показателях технологической пробы. Заключение выдает заводская лаборатория.

Полиэтиленовая оболочка должна храниться на специальных стеллажах.

Запрещено складирование ПЭ-оболочки на земле, под прямыми солнечными лучами. Высота штабеля при хранении труб-оболочек свыше 2 мес. не должна превышать 2 м. При хранении до 2 мес. высота штабеля не должна быть более 3 м. Допускается хранение ПЭ-оболочек в течение не более 12 мес.

Стальные трубы допускается хранить на открытом воздухе, но рекомендуется избегать контакта с грунтом. После дробеметной обработки стальные трубы необходимо складировать на столы-накопители. Запрещается складирование обработанных стальных труб на пол. Трубы, прошедшие очистку в соответствии с ГОСТ 9.402–80, должны быть использованы в производстве не позднее одних суток.



## Производство оболочек

Полиэтиленовые оболочки производятся на экструдерных линиях непрерывного действия (при наличии такой возможности на предприятии – изготовителе ПИ-труб). ПЭ оболочки изготавливаются из первичного полиэтилена трубных марок по ГОСТ 16338, поставляемого в виде гранул. Типоразмеры ПЭ труб оболочек выпускаются в соответствии с ГОСТ 30732.

Суточная норма ПЭ низкого давления завозится в мешках по 25 кг со склада сырья на поддонах на участок экструзии, где их пересыпают в накопители. Если ПЭ гранулы хранились при низких температурах, то они должны быть выдержаны в цехе не менее суток.

Из накопителя по мере необходимости, гранулы подаются в сушилку при помощи вакуумного конвейера, где осуществляется сушка и нагрев гранул до  $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$  воздушным потоком с температурой  $75 \div 80^{\circ}\text{C}$ .

Высушенные гранулы при помощи второго вакуумного конвейера подаются из сушилки непосредственно на экструдерные линии, где происходит их расплав и дальнейшее формование полиэтиленовой трубы. После выхода ПЭ трубы из калибровочной камеры труба проходит установку для снятия напряжений, с помощью которой контролируется напряжение внутри трубы. После снятия напряжения труба должна быть равномерно нагрета до  $70^{\circ}\text{C}$ .

Температура установки для снятия напряжения зависит от размера трубы, скорости отвода трубы и толщины стенки. Затем труба проходит через станцию коронной обработки, которая необходима для повышения адгезивных свойств внутренней поверхности полиэтиленовой трубы.

ПЭ-труба, сформированная в экструдере, разрезается на заготовки с помощью планетарной пилы, длина которых зависит от длины стальных труб, для которых они предназначены.

Обрезка “в размер” должна производиться на участке сбора трубной конструкции не ранее чем через 24 часа после изготовления оболочки под длину стальной трубы с учетом неизолированных концов.

Оболочка из оцинкованной стали должна изготавливаться из стальной оцинкованной ленты по ГОСТ 14918-78.

Изготовление оболочек из оцинкованной стальной ленты производится на специальной установке, свивающей из ленты герметичную оболочку. В процессе навивки оболочки происходит обжатие и герметизация замковых соединений. Диаметры изготавливаемых оболочек приведены в таблице 2.

Обрезка стальных оболочек производится точно “в размер” под заданную длину стальных труб, после чего их подают на сборку.

## Подготовка металлической трубы

Поступившие на производство стальные трубы подаются по рольгангам в индукционную установку для предварительного прогрева и сушки, где они освобождаются от наледи и влаги. При отсутствии индукционной установки сушка и прогрев труб производится вручную с помощью горелок.

Поверхность труб не должна иметь пластовой коррозии и глубоких каверн (не более 0,8 мм). Далее на стальные трубы устанавливаются заглушки, и они подаются к дробеструйной очистительной установке, которая используется для непрерывной дробеструйной очистки наружной поверхности стальных труб от ржавчины и окалины стальной дробью.

После дробеструйной обработки поверхность стальных труб и фасонных деталей должна быть высушена и очищена от масла, жира, ржавчины, окалины, пыли до степени очистки 3 в соответствии с ГОСТ 9.402.

Затем очищенные стальные трубы направляются в накопитель. При этом осуществляется контроль качества поверхности труб и при необходимости производится их отбраковка.

## **Сборка и предварительный подогрев конструкции «труба в трубе»**

Со стеллажа накопителя стальные трубы поочередно подаются на монтажно-сборочный стол. В соответствии с диаметром стальной трубы и защитной оболочки необходимо подобрать центрирующие опоры. Высота ножки центраторов указана в табл. 5, 6 и 7.

## Высота ножки центрирующих опор для труб в полиэтиленовой оболочке

Диаметр, толщина стенки стальной трубы, мм	Диаметр полиэтиленовой оболочки, мм	Высота ножки центраторов, мм	Предельное отклонение высоты, мм
32×3,0	125	41,0	±0,5
38×3,0	125	39,0	±0,5
45×3,0	125	35,0	±0,5
57×3,0	125	29,0	±0,5
76×3,0	140	26,0	±0,5
89×4,0	160	30,0	±0,5
108×4,0	180	29,0	±0,5
133×4,0	225	38,0	±0,5
159×4,5	250	38,0	±0,5
219×6,0	315	39,0	±0,5
273×7,0	400	53,0	±0,5
325×7,0	450	54,0	±0,5
426×7,0	560	56,0	±1,0
530×7,0	710	76,0	±1,0
630×8,0	800	72,0	±1,0
720×8,0	900	72,0	±1,0
820×9,0	1 000	72,0	±1,0
1 020×11,0	1 200	68,0	±1,0



## Высота ножки центрирующих опор для труб в оцинкованной оболочке

Диаметр, толщина стенки стальной трубы, мм	Диаметр оцинкованной оболочки, мм	Высота ножки центраторов, мм	Предельное отклонение высоты, мм
32×3,0	125	43,0	±0,5
38×3,0	125	40,0	±0,5
45×3,0	125	37,0	±0,5
57×3,0	125	30,0	±0,5
57×3,0	140	39,0	±0,5
76×3,0	140	30,0	±0,5
76×3,0	160	39,0	±0,5
89×4,0	160	32,0	±0,5
89×4,0	180	43,0	±0,5
108×4,0	180	32,0	±0,5
108×4,0	200	43,0	±0,5
133×4,0	225	43,0	±0,5
159×4,5	250	43,0	±0,5
219×6,0	315	44,0	±0,5
273×7,0	400	59,0	±0,5
325×7,0	460	60,0	±0,5
426×7,0	555	59,0	±1,0
530×7,0	711	85,0	±1,0
630×8,0	800	78,0	±1,0
720×8,0	914	90,0	±1,0
820×9,0	1 000	85,0	±1,0
1 020×11,0	1 255	110,0	±1,0
1 220×11,0	1 400	85,0	±1,0

### Высота ножки центрирующих опор для труб в полиэтиленовой оболочке (2 тип)

Диаметр, толщина стенки стальной трубы, мм	Диаметр полиэтиленовой оболочки, мм	Высота ножки центраторов, мм	Предельное отклонение высоты, мм
32×3,0	125	41,0	±0,5
38×3,0	125	39,0	±0,5
45×3,0	125	35,0	±0,5
57×3,0	140	37,0	±0,5
76×3,0	160	35,0	±0,5
89×4,0	180	40,0	±0,5
108×4,0	200	40,0	±0,5
133×4,0	250	51,0	±1,0
159×4,5	280	52,0	±0,5
219×6,0	355	57,0	±0,5
273×7,0	450	80,0	±0,5
325×7,0	500	77,0	±0,5
426×7,0	630	90,0	±1,0
820×9,0	1100	120,0	±1,0

На трубы начиная с диаметра 219 мм и выше применяются сборные центраторы, которые необходимо предварительно собрать по сегментам. Далее на стальную трубу производится установка центрирующих опор с шагом 0,8÷1,0 м. Одновременно производится укладка проводников-индикаторов Системы операционно-дистанционного контроля (СОДК). Для труб диаметром до 426 мм включительно устанавливается по 2 проводника в плоскости одного диаметра (3, 9 или 6, 12 ч). Для труб диаметром от 530 мм и выше устанавливается три проводника в положении 3, 9 и 12 ч (по требованиям заказчика может быть установлено 4 или 5 проводников СОДК).

При необходимости (в основном для труб больших диаметров) для поддержания проводников-индикаторов с целью предупреждения их касания со стальной трубой могут быть установлены держатели (кубики из пенополиуретана) по концам труб между первым и вторым центратором.

Полиэтиленовую оболочку подают на накопительный стол, измеряют ее длину при помощи рулетки и при необходимости обрезают на ленточной пиле конец полиэтиленовой оболочки под размер стальной трубы с учетом неизолированных концов. Длина неизолированных концов стальных труб должна быть  $150_{-20}$  мм для труб диаметром оболочки до 315 мм включительно и  $210_{-20}$  мм – для труб диаметром 400 мм и более.

Стальные оболочки изготавливаются строго заданной длины с обрезкой торцов точно в размер. Затем защитную оболочку перекачивают на сборочный стол, где производится совмещение осей оболочки и стальной трубы с помощью тракового устройства. Стальную трубу с закрепленными на ней центраторами и проводами СОДК вдвигают в полиэтиленовую (или оцинкованную) оболочку.

Подогрев трубной конструкции производят в камере предварительного нагрева.

Трубную конструкцию подают при помощи кран-балки на передвижной стол, а затем перемещают к нагревательной камере и перекладывают трубную конструкцию в нагревательную камеру кран-балкой.

Включают оперативное напряжение на панели управления камеры предварительного нагрева с помощью переключателя, при включении загорится зеленая лампа.

Температура камеры устанавливается нажатием на кнопки с изображением стрелок на панели управления. На дисплеях указаны два значения: верхнее – фактическое, нижнее – установленное в °С.

При перегреве загорается индикаторная лампа. При этом нагрев отключается, но вентилятор продолжает работать.

Включают нагревательную камеру и выставляют температуру на +40 °С.

Производят нагрев трубной конструкции. Проверяют пирометром температуру трубной конструкции, она должна быть в пределах +30–35 °С (либо должна определяться предварительно поставщиком химических компонентов).

## Тарирование заливочной машины

Перед пуском заливочной машины должна быть проверена исправность энергосистемы установки, контрольных и измерительных приборов, наличие сжатого воздуха и возможность его регулирования, а также должен быть проведен осмотр всех узлов машины в соответствии с инструкцией по эксплуатации (приложения 1, 2 и 3).

Массу заливочной композиции ППУ рассчитывают по таблице (приложение 4). Таблица строится технологом в программе Microsoft Excel: для расчета необходимого количества полиола и изоцианата в расчетную таблицу необходимо ввести следующие данные:



- ✓ диаметр стальной трубы;
- ✓ диаметр защитной оболочки;
- ✓ толщину защитной оболочки;
- ✓ длину трубной конструкции;
- ✓ расчетную плотность (ориентировочно – 75–90 кг/м<sup>3</sup>);
- ✓ количество изоцианата на  $\frac{1}{100}$  весовую часть полиола (исходя из НТД на ППУ-систему).

По требованиям ГОСТ 30732–2006 плотность ППУ в готовом изделии должна составлять не менее 60 кг/м<sup>3</sup>. Для оптимальной заливки расчетную плотность в изделии принимают в интервале от 75 до 90 кг/м<sup>3</sup> (зависит от производителя).

С целью определения готовности заливочной машины к работе и определения производительности машины на сырье поставщика и соотношения компонентов проводится машинная технологическая проба.

Такую тарировку машины необходимо проводить всегда при смене поставщика компонентов, а также не реже одного раза в неделю при работе на одной и той же марке химического сырья.

Это необходимо для предотвращения сбоев в работе заливочной машины и перерасхода компонентов при заливке ПИ-труб, а также для получения качественной продукции.

Если позволяют технические возможности заливочной машины, то на табло устанавливается производительность 150 кг/мин, время заливки от 2 до 8 с и производится покомпонентный слив в предварительно взвешенные емкости с целью определения выдержки соотношения компонентов в заливочной машине. Для получения положительного результата заливки ПИ-труб очень важно соблюдать соотношение компонентов А:Б в системе в соответствии с требованиями НТД.

После покомпонентного слива емкости с компонентами взвешиваются для определения точного соотношения. Для этого масса слитого компонента Б (без массы тары) делится на массу слитого компонента А (без массы тары).

**ПРИМЕР.** В заливочной машине предварительно посредством определенных манипуляций (зависит от марки заливочной машина) установили соотношение 1:1,8. Взвесили тару для А и Б. Провели покомпонентный слив Получили соотношение 1:1,72, но необходимо соотношение 1:1,8. Следовательно, необходимо проводить покомпонентный слив после корректировки соотношения в машине до тех пор, пока не будет достигнуто соотношение 1:1,8. В противном случае возможно изменение в качестве полученной пены: возможна усадка и, как следствие, – отслоение пены от ПЭ-оболочки или снижение термостойкости полученной пены, что приведет к ее прогоранию в изделии и снижению значения коэффициента теплопроводности.

В некоторых случаях поставщик сырья допускает погрешность в соотношении компонентов до 5–10%. В таких случаях это необходимо принимать во внимание, и вполне возможно, что полученной соотношение 1:1,72 в нашем примере может оказаться вполне приемлемым.

Вторым этапом проверки работы заливочной машины является «впрыск в мешок». Для этого в полиэтиленовый мешок емкостью до 200 л (или в бочку) осуществляется пробный впрыск композиции пенополиуретана массой 2,0÷12,0 кг. Предварительно мешок или бочка взвешиваются. При производительности машины 150 кг/мин впрыск осуществляется в течение 2–8 с.

При проведении пробы определяют время старта системы, время гелеобразования, плотность свободного вспенивания пенополиуретана, оценивают его структуру. Затем производится сравнительный отчет заданной и полученной массы пенополиуретана. Погрешность заливки не должна превышать 5%. Тарирование заливочной машины производят при рабочей температуре сырья  $+18\div 22$  °С и температуре окружающей среды 18–25°С. Но в любом случае эта температура предварительно уточняется у поставщика компонентов.

Производительность машины на сырье поставщика определяется взвешиванием пены после ее остывания (ориентировочно через 30–60 мин). Полученная масса пены без массы тары (мешка или бочки) делится на время впрыска 2–8 с. Полученное значение представляет собой производительность машины.

Таблица 8

**Значения показателей при тарировки заливочной машины**

<b>Масса, г / соотношение А:Б</b>	<b>Компонент А</b>	<b>Компонент Б</b>
<b>Масса тары</b>	740	890
<b>Масса с компонента с тарой</b>	3 340	5 360
<b>Масса компонента без тары</b>	2 600	4 470
<b>Соотношение</b>	1:1,72	

## Специфика работы с разными диаметрами труб

С целью получения равномерного распределения пенополиуретана в межтрубном пространстве предусмотрены вентиляционные отверстия, количество которых зависит от диаметра стальных труб. Чем больше диаметр трубы, тем больше отверстий для выхода воздуха. Для труб малых диаметров (до 133 мм) – 1 отверстие, для труб средних диаметров (от 133 до 630 мм) – 3 отверстия, для труб больших диаметров (от 630 до 1220 мм) – 5 отверстий.

Трубы диаметром до 426 мм заливаются при производительности 150–200 г/с, трубы больших диаметров (530–1220 мм) заливаются при производительности 350–400 г/с.



Расчетная плотность для труб малых и средних диаметров составляет в среднем ориентировочно  $85 \text{ кг/м}^3$ , для труб больших диаметров –  $80 \text{ кг/м}^3$  в зависимости от марки производителя и подбирается экспериментально. В летний период требуется более низкая расчетная плотность. В процессе заливки партии труб одного и того же диаметра технология отрабатывается заранее, что позволяет снижать заливочную плотность до  $75\text{--}80 \text{ кг/м}^3$ .

Угол заливки для каждого диаметра трубы подбирается исходя из технологических наработок. Обычно угол заливки для определенного диаметра трубы корректируют по первой заливке. В приложении 5 прописаны ориентировочные углы наклона заливочного стола для труб определенных диаметров.

Также в приложении произведен предварительный расчет времени заливки на 1 погонный метр трубы в зависимости от диаметров стальных труб и защитных оболочек при заданной производительности заливочной машины (производительность выбрана как пример) и заданных расчетных плотностях 80, 83, 85 и 87 кг/ м<sup>3</sup> (значения плотности выбраны как пример). Таблица строится технологом в программе Microsoft Excel, а значения плотности он выбирает и вносит самостоятельно. Угол заливки устанавливается ориентируясь на таблицы угла заливочного стола (приложение 5). При заливке по секундомеру засекается время выхода пены по концам трубы.

Оптимальное значение угла наклона стола получается в том случае, когда ППУ достигает нижнего конца трубы на 10–20 с раньше, чем верхнего конца (в некоторых случаях возможно до 40 с).

Если опережение составит больше 40 с или пена не дошла до начала трубы, угол подъема стола необходимо уменьшить.

Если пена доходит до конца трубы позже, чем до начала, или совсем не доходит, то угол подъема стола следует увеличить.

Для равномерной заливки труб малых диаметров до 133 мм необходимо снижать температуру компонентов в заливочной машине до +18–20 °С.

С целью более равномерного растекания по трубной конструкции также возможна заливка труб «на холодную».

Для труб больших диаметров при высокой производительности заливочной машины необходимо ускорить время старта универсальной ППУ-системы повышением температуры системы до +28–30 °С, чтобы исключить вытекание ППУ-компонента.

# Существующие методы заливки труб, основные технологические операции

Существует несколько способов производства предизолированных труб. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки.

Можно выделить две основные группы технологий: периодические и непрерывные. Возможность применения того или иного способа заливки зависит от конкретного производителя.

Рассмотрим наиболее широко распространенные технологии производства предизолированных труб.

## Непрерывная технология

**Непрерывная технология** изготовления труб состоит из двух этапов. На первой стадии пенополиуретан наносится на внутреннюю трубу одним из трех способов: формовым, литьевым или распылением. На второй стадии обсадная труба экструдирована или наматывается на сформованный пенополиуретан. И наконец, нарезаются трубы определенной длины.

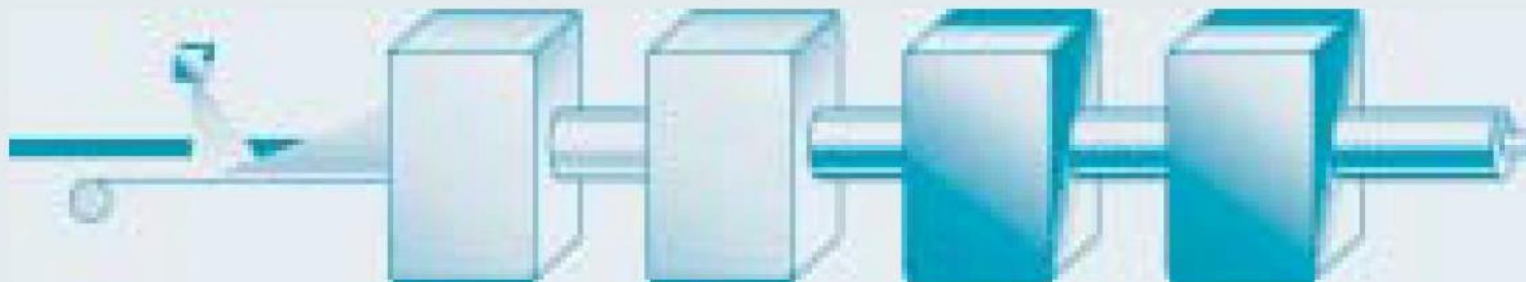
Этот процесс требует использования модифицированных пенополиуретановых систем.

Непрерывная технология более всего подходит для крупных производителей трубопроводов, которые выпускают большое количество труб одного диаметра.

Технология непрерывного формования в первую очередь оправдана в производстве гибких трубопроводов, т.к. она не диктует никаких ограничений по длине трубы. Однако изменение диаметра трубы и толщины изоляции могут потребовать длительного времени на переналадку оборудования.

Таким образом, процесс непрерывного производства становится менее гибким и более дорогостоящим, чем периодическая технология.

Смесительная головка



ПЭ  
пленка

заливка

экструдирование

охлаждение

резка

Рисунок 3 - Метод непрерывного литья.





**Рисунок 4 - Непрерывное формование методом напыления.**

## Периодические технологии

**Периодические технологии** изготовления труб состоят в заполнении полости между стальной внутренней трубой и внешней трубой - оболочкой из полиэтилена или оцинкованной стали. Торцы труб при заливке плотно закрываются заглушками, которые имеют вентиляционные отверстия. Для равномерного качественного заполнения межтрубного пространства требуется соблюдение ряда факторов. Это температурный контроль, обработка поверхности труб, плотность заполнения и время.

Температура полиола и изоцианата должна быть от 18 -25° С, а температура труб от 20-30° С. Для обеспечения хорошей адгезии пенополиуретана стальные трубы следует очистить от жира, масла, ржавчины.

Поверхность трубы из полиэтилена должна быть коронирована, что обеспечит прочность адгезии.

Производительность заливочной машины для пенополиуретана должна быть рассчитана таким образом, чтобы продолжительность заливки не превысила время старта смешиваемых компонентов.

Заливочная плотность должна быть достаточно высокой, чтобы пенополиуретан смог целиком заполнить полость. Если пенополиуретан не достиг концов трубы за это время, то он плохо растянется, что приведет к плохой механической прочности на концах трубы.

Данный метод требует сравнительно небольших капиталовложений и дает возможность изготовления труб в широком диапазоне размеров.

## Технология заливки трубы пенополиуретаном снизу

При заливке снизу, трубы располагаются под углом от  $0^\circ$  до  $15^\circ$  к плоскости пола (Рисунок 5). Выбор угла зависит от длины трубы и текучести используемой системы.

Требуемое количество смеси впрыскивается в пространство между стальной и пластиковой трубами через отверстие в нижней крышке. Здесь пена начинает расширяться. Отверстие закрывается стоппером, как только пена его достигает, что заставляет пену расширяться вверх вдоль трубы. Вымещаемый воздух выходит через вентиляционные отверстия в верхней крышке.

Как только пена достигает верхних вентиляционных отверстий, они также запечатываются.

Систему оставляют на некоторое время для полного окончания реакции, после чего концевые крышки снимают.



Рисунок 5 – Технология заливки трубы пенополиуретаном снизу.

Основным достоинством данного метода является его простота. Угол наклона трубы может варьироваться, и от оператора не требуется большого мастерства. Технология позволяет получать трубы разных размеров при минимальном изменении оборудования.

Основным недостатком является неравномерное распределение вдоль трубы пены, а следовательно, и механических свойств. Наибольшая плотность пены будет в нижней части трубы, тогда как наименьшая – в верхней. Так как пене необходимо пройти достаточно большой путь в узком пространстве между трубами, требуется большое переполение.

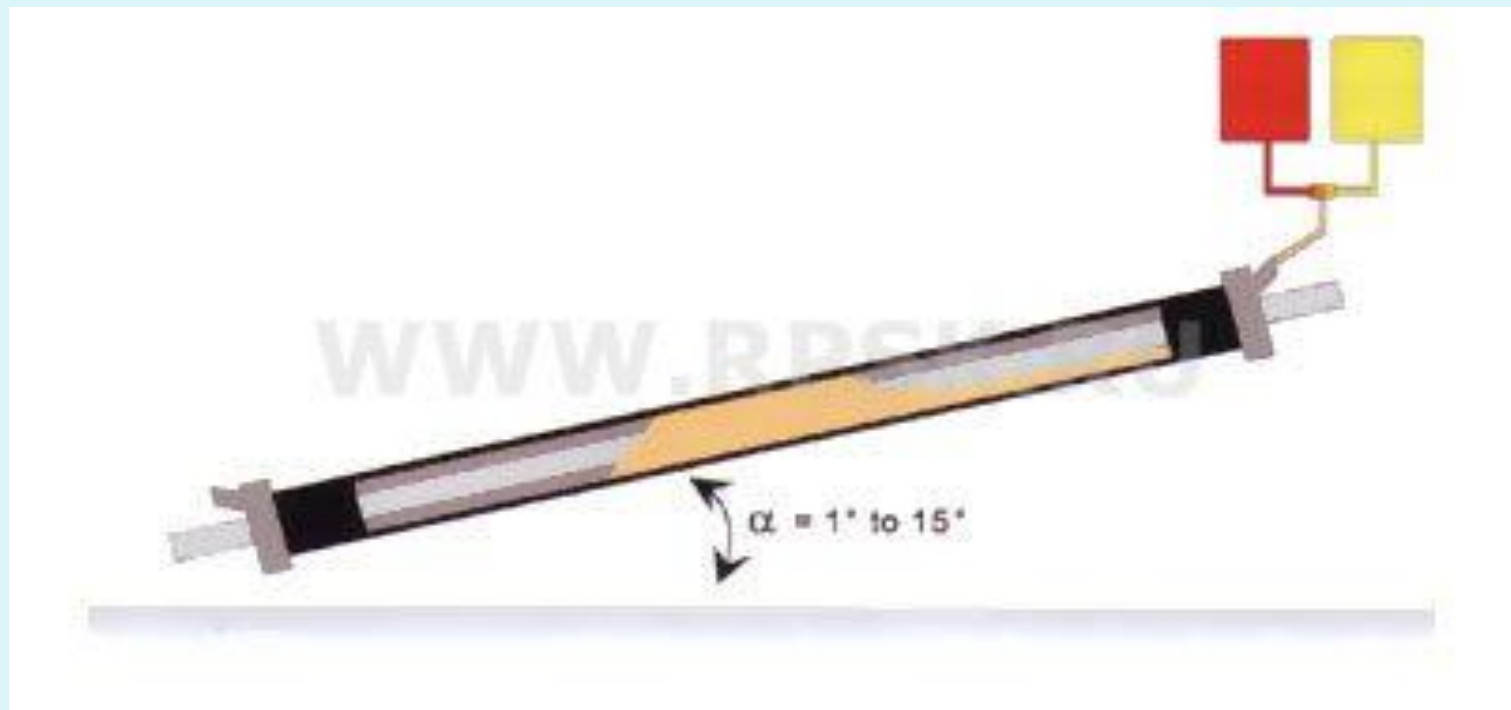
Необходимо также иметь специальную таблицу зависимости угла от длины трубы.

## Технология заливки трубы пенополиуретаном сверху

При заливке сверху, предварительно собранные трубы также располагают под углом от  $1^\circ$  до  $15^\circ$  к горизонтали (Рисунок 6). Однако в данном случае требуемое количество смеси для пены вводят в область между стальной трубой и трубой-оболочкой через отверстие в верхней крышке. Сила тяжести заставляет массу относительно низкой вязкости стекать вниз по трубе. Скорость этого потока зависит от угла, под которым расположены трубы, чем он больше, тем быстрее масса стекает ВНИЗ.



Этот метод также предполагает начальное распределение пены вдоль трубы, существующее до того, как пена быстро начнет расширяться. Пена далее заполняет трубу из центра к концам.



**Рисунок 6 – Технология заливки трубы пенополиуретаном сверху.**

Начальное распределение материала уменьшает путь, который должна пройти расширяющаяся пена до полного заполнения пространства между трубами. Это позволяет уменьшить перепополнение или минимальный объем заполнения. Так легче заполнять более длинные трубы.

Высокая однородность пены и узкое распределение ее плотности достигается, если выбран правильный угол расположения труб. Однако в данном случае этот угол играет более важную роль, чем при заливке снизу, поэтому мастерство оператора должно быть выше. Настоятельно рекомендуется пользоваться таблицами, содержащими соответствующие данные об углах заполнения.

# Технология заливки трубы пенополиуретаном по центру

При использовании данной технологии заполнения трубу держат горизонтально (Рисунок 7).



**Рисунок 7 – Технология заливки трубы пенополиуретаном по центру.**

Требуемое количество пены вводится через отверстие в середине внешней полиэтиленовой трубы.

В данном случае путь, который предстоит пройти пене, сокращается до половины длины трубы. Это позволяет уменьшить переполение и получать приемлемое распределение плотности пены при заполнении длинных труб. Удаление воздуха происходит через отверстие в обеих концевых крышках. Риск захвата воздуха пеной возрастает по сравнению с другими способами заливки. Заливочное отверстие во внешней трубе закрывается сразу после введения пены. После окончания полимеризации оно должно быть заварено. Однако потенциально слабое место на трубе все-таки остается.

## Технология заливки трубы пенополиуретаном с движущейся головкой

Технология заливки с движущейся головкой – это периодический процесс, позволяющий получить распределение плотности пены, как при непрерывной заливке. При использовании данной методики трубы удерживаются горизонтально. Заливочная машина модифицирована: миниатюрная смесительная головка расположена на конце штока (Рисунок 8). Шток вводится внутрь полости между двумя трубами так, чтобы головка находилась на дальнем конце трубы. Очевидно, что смесительная головка должна иметь минимальный размер, дабы свободно проходить в пространстве между внешней и внутренней трубами.

Это становится возможным при использовании заливочных машин высокого давления. Размер смесительной головки ограничивает использование данного метода заливки при заполнении труб малого диаметра. После того как смесительная головка выведена на исходную позицию, начинается заливка пены.

В процессе заливки шток непрерывно выдвигается. Это обеспечивает хорошее распределение пены вдоль трубы независимо от ее длины. Расстояние, которое должна пройти пена, ограничивается оборотом вокруг трубы, что позволяет работать при минимальном перепополнении.

Введение пены в трубу с помощьюдвигающейся смесительной головки снимает ограничения на время заливки, существующие для методов заполнения труб сверху или снизу. Это дает возможность заполнять очень большие трубы при помощи заливочных машин с низким расходом компонентов.



**Рисунок 8 – Технология заливки трубы пенополиуретаном с движущейся головкой.**

## Технология заливки трубы пенополиуретаном с протяжкой

Метод протягивания аналогичен технологии заливки с движущейся головкой в том смысле, что это периодический способ заливки с непрерывным введением пены. Трубы удерживаются горизонтально. Пена наносится на тонкую, полупроницаемую бумажную мембрану, расположенную между основной и вспомогательной трубами. По мере нанесения пены мембрана протягивается вдоль трубы (Рисунок 9). Пена начинает расширяться внутри трубы по мере продвижения к дальнему концу.

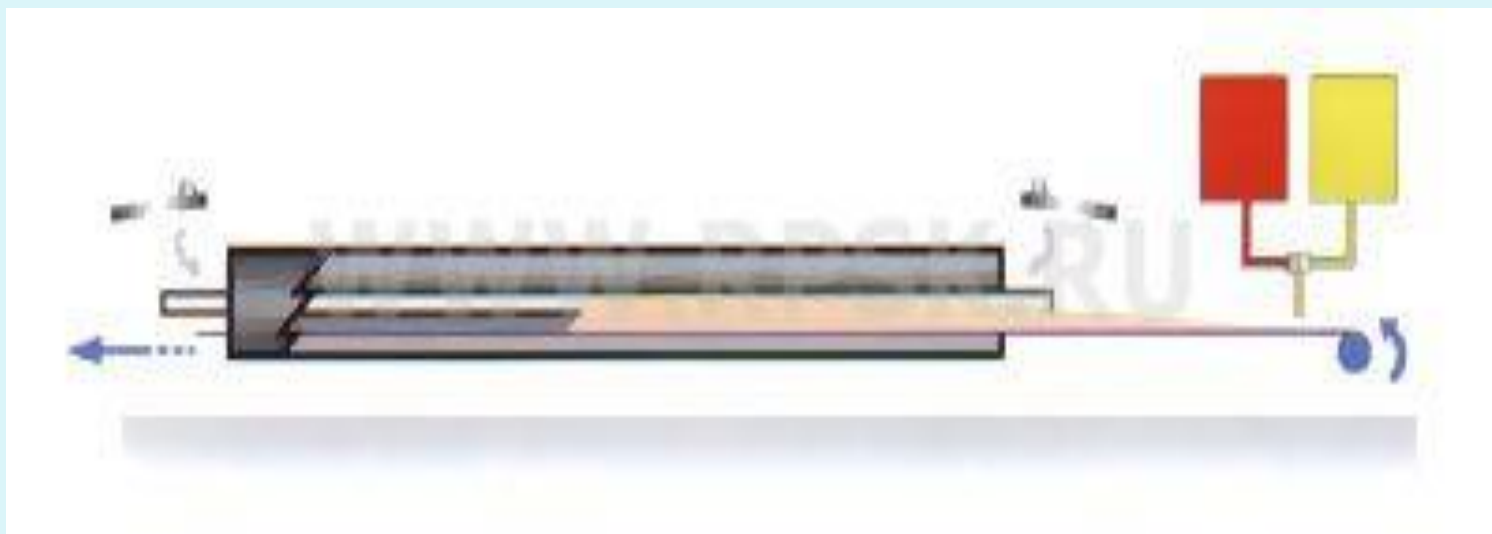


Пене необходимо пройти короткий путь, что позволяет работать с минимальным перепополнением.

Этим способом можно получить одинаковые свойства пены вдоль трубы. Постоянное распределение смеси компонентов в трубе позволяет легко заполнять длинные и узкие трубы длиной до 30 метров.

Недостатком этого метода заливки является то, что мембрана остается внутри пены, а это может привести к ухудшению адгезии пены к внешней трубе. Также необходимо координировать объем заливаемых на мембрану компонентов и ее проницаемость.

Специалисты в области заливки трубных конструкций отдают предпочтение методу заливки сверху, т. к. в этом случае обеспечивается равномерное распределение пенополиуретана с оптимальной плотностью по всей длине трубы при условии соблюдения технологических режимов.



**Рисунок 9 – Технология заливки трубы пенополиуретаном с протяжкой.**

Рассмотрим метод заливки сверху более подробно.

На собранную, подогретую трубную конструкцию с двух торцов устанавливаются заливочные фланцы, предварительно обработанные антиадгезионной мастикой с целью предотвращения залипания ППУ и обрыва проводов СОДК. Заливочные фланцы должны иметь отверстия для выхода воздуха. В зависимости от диаметра стальной трубы количество отверстий варьируется от 1 до 5 шт. В отверстие для медного провода необходимо сначала вставить кембрик, а затем продеть провода СОДК в отверстия фланцев и проверить возможность свободного перемещения

проводников в трубной конструкции «труба в трубе». Для этого один конец проводников фиксируется вручную, на другой конец либо подвешивается груз, либо используются специально разработанные натяжители проводов. Заливочные фланцы устанавливаются вручную плотно к полиэтиленовой оболочке. При использовании расточенных фланцев с обеих сторон трубы под фланцы используются резиновые уплотнительные кольца (начиная с труб диаметром 219 мм). Чтобы избежать смещения осей, необходимо отцентровать трубу относительно оболочки с помощью деревянных вкладок. Фланцы закрепляются к стальной трубе с помощью струбцин. Количество струбцин, необходимых при заливке с одного торца трубы, указаны в табл. 9.

## Количество используемых струбцин в зависимости от диаметра стальной трубы

Диаметр стальной трубы, мм	Количество струбцин с одного торца трубы, шт.	Диаметр стальной трубы, мм	Количество струбцин с одного торца трубы, шт.
32	1	273	1
38	1	325	3
45	1	426	3
57	1	530	3
76	1	630	4
89	1	720	4
108	1	820	5
133	1	920	6
159	1	1 020	6
219	1		

Заливочное отверстие должно находиться в *нижней части фланца* и располагаться между ребер центраторов, а вентиляционные отверстия должны располагаться в *верхней части трубы*. Если в процессе фиксации заливочных заглушек произошел обрыв одного из проводников системы ОДК (медный провод), то необходимо устранить неполадку при помощи замены или спайки медного провода.

Управление заливочным столом осуществляется блоком управления, расположенным со стороны заливки. С его помощью можно подобрать необходимый угол подъема стола. Угол заливки подбирается исходя из технологических наработок, соответственно каждому диаметру трубы (приложение 5).

В соответствии с технологической инструкцией на заливочную машину, для заливки ППУ-композиции необходимо на табло заливочной машины выставить давление смешения компонентов  $125\text{--}150\text{ кг/см}^2$ , производительность заливочной машины в соответствии с диаметром заливаемой трубы и время заливки. Время заливки трубной конструкции необходимо предварительно рассчитать с помощью таблицы, приведенной в приложении 6.

Для этого в таблицу необходимо ввести следующие параметры:

- ✓ диаметр стальной трубы;
- ✓ диаметр защитной оболочки;
- ✓ толщину защитной оболочки;

- ✓ длину трубной конструкции;
- ✓ производительность заливочной машины;
- ✓ расчетную плотность (ориентировочно 75–90 кг/м<sup>3</sup>, в зависимости от диаметра трубы).

С целью равномерного распределения пенополиуретановой смеси по всей длине трубы подбирается угол наклона заливочного стола в зависимости от диаметра трубной конструкции.

Перед заливкой необходимо проверить чистоту канала насадки смесительной головки – в ней не должно быть остатков пенополиуретана. При необходимости канал насадки прочищают специальным сверлом.



На пульте управления заливочной головки необходимо перевести ручку декадного переключателя в нужный диапазон предварительного выбора и нажать на соответствующую кнопку предварительного выбора времени заливки на пульте управления смесительной головки. Во время заливки следует постоянно следить за показаниями параметров на экране терминала оператора. Далее необходимо дождаться окончания заливки и вынуть сопло заливочной головки из заливочного отверстия.

После появления пены из дренажных отверстий заглушек необходимо выдержать залитую пенополиуретановую трубную конструкцию «труба в трубе» на заливочном столе в среднем 10–20 мин.

С залитой трубы следует снять оснастку (фланцы), очистить оболочку и неизолированные концы стальной трубы от остатков пенополиуретана.

Проверка системы СОДК осуществляется мегомметром путем замера электрического сопротивления между стальной трубой и проводником-индикатором. Одна клемма мегомметра закрепляется на трубе, а другая – на одном из проводников системы СОДК. Нажатием кнопки мегомметра необходимо подать напряжение не менее 500 В. Аналогичным образом проверяется второй проводник. Сопротивление должно составлять не менее 100 МОм.

Свободные концы проводников необходимо свернуть спиралью и прижать к торцевой поверхности пенополиуретана.

Готовую трубу запрещено перекачивать в течение 24 ч, а при необходимости переложить готовое изделие на специальные столы-накопители при помощи кран-балки.

## Расчет норм расхода

В данном разделе представлен расчет удельных норм расхода основного сырья и материалов, используемого для производства изолированных труб в полиэтиленовой защитной изоляции.

В процессе работы специалистами технологического отдела выводится определенный процент образования брака и неизбежных технологических отходов, которые в дальнейшем учитываются при расчете себестоимости выпускаемой предприятием продукции.

## Производство полиэтиленовой оболочки

Материал: Полиэтилен ПЭ-80, ПЭ-100, ГОСТ 18599-2001;

Расчет:

$$m = \frac{V \times \rho}{1000}; \quad V = \pi \times D \times L \times s$$

где  $m$ - масса ПЭ, кг;

$\rho$  - плотность полиэтилена, г/см<sup>3</sup>;

$D$ - диаметр ПЭ оболочки, м;

$L$ - длина ПЭ оболочки, м;

$s$ - толщина ПЭ оболочки, мм.

Согласно ГОСТ 18599 расчет производится с учетом половины допуска по диаметру ПЭ оболочки и половины допуска по толщине ПЭ оболочки.

Средняя плотность полиэтилена 0,95 г/см<sup>3</sup>.

## Расход полиэтилена на выпуск 1 погонного метра полиэтиленовой трубы-оболочки

Диаметр	$\pi$	D	s	L	p	Удельный расход ПЭ, кг
<b>57</b>	3,14	0,1256	2,7	1	0,95	<b>1,01</b>
<b>76</b>	3,14	0,1408	3,25	1	0,95	<b>1,37</b>
<b>89</b>	3,14	0,1616	3,25	1	0,95	<b>1,57</b>
<b>108</b>	3,14	0,1805	3,25	1	0,95	<b>1,75</b>
<b>133</b>	3,14	0,2264	3,8	1	0,95	<b>2,57</b>
<b>159</b>	3,14	0,2502	3,8	1	0,95	<b>2,84</b>
<b>219</b>	3,14	0,3163	5,25	1	0,95	<b>4,95</b>
<b>273</b>	3,14	0,4015	6,05	1	0,95	<b>7,25</b>
<b>325</b>	3,14	0,4538	6,15	1	0,95	<b>8,33</b>
<b>426</b>	3,14	0,5613	7,65	1	0,95	<b>12,81</b>
<b>530</b>	3,14	0,7115	9,8	1	0,95	<b>20,80</b>
<b>630</b>	3,14	0,803	11,6	1	0,95	<b>27,79</b>
<b>720</b>	3,14	0,9024	12,3	1	0,95	<b>33,11</b>
<b>820</b>	3,14	1,005	13,9	1	0,95	<b>41,67</b>
<b>1020</b>	3,14	1,2062	16,7	1	0,95	<b>60,09</b>

## Дробеметная обработка стальной трубы

Материал: Стальная дробь

Расчет:

Площадь боковой поверхности:

$$S = 2 \times \pi \times R \times L,$$

где  $S$ - площадь боковой поверхности стальной трубы, м<sup>2</sup>;

$R=D/2$ , м;

$L$ -длина трубы, м ;

Удельная норма расхода дроби на 1 м<sup>2</sup> =0,16кг;

$$m = S * 0.16$$

## Расход стальной дроби на 1 погонный метр трубы

Диаметр	$\pi$	D	L	Средний расход дроби на 1 м <sup>2</sup>	m
57	3,14	0,57	1	0,16	0,29
76	3,14	0,76	1	0,16	0,38
89	3,14	0,89	1	0,16	0,45
108	3,14	0,108	1	0,16	0,05
133	3,14	0,133	1	0,16	0,07
159	3,14	0,159	1	0,16	0,08
219	3,14	0,219	1	0,16	0,11
273	3,14	0,273	1	0,16	0,14
325	3,14	0,325	1	0,16	0,16
426	3,14	0,426	1	0,16	0,21
530	3,14	0,53	1	0,16	0,27
630	3,14	0,63	1	0,16	0,32
720	3,14	0,72	1	0,16	0,36
820	3,14	0,82	1	0,16	0,41
1020	3,14	1,02	1	0,16	0,51



## Монтаж центрирующих опор

Для диаметров стальных труб с Ø57 до Ø219 используются кольцевые центрирующие опоры, начиная с Ø 273 и более - центраторы сборные.

Длина одного сегмента 300мм.

Материал: центрирующие опоры

Норма расхода центрирующих опор (ВСН-11-94)

$l$ - шаг опор, для расчета берется среднее значение, равное 975 мм. Норма рассчитана на 1 п.м трубы.

Количество сегментов  $n$  зависит от диаметра трубы  $D$ .

Расчет:

$$n = \frac{D \times 3,14}{0,3}$$

## Расход центрирующих опор на 1 погонный метр трубы

<i>D</i>	57	76	89	108	133	159	219	273	325	426	530	630	720	820	1020
<i>n</i>	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	6	7	8	9	11

### Монтаж провода СОДК

Материал: Медный провод марки ММ сечение 1,5мм.

Вес 1м провода = 0,02 кг.

Для диаметров 57- 426 мм используется 2 провода СОДК.

Для диаметров 530-1020 мм используется 3 провода СОДК.

Расчет на 1 п.м. трубы:

$$0,02 \text{ кг} \times 2 = 0,04 \text{ кг};$$

$$0,03 \text{ кг} \times 3 = 0,06 \text{ кг}.$$

## Заливка компонентов ППУ

Расчет компонентов производится исходя из соотношений полиола и изоцианата в системе (у каждого производителя для разных систем различное соотношение, согласно ТУ на ППУ-систему), расчетной заливочной площади и объема межтрубного пространства в соответствии с приложением 4.

Важным параметром при заливке компонентов в производстве ПИ-трубы является время впрыска — время, в течение которого композиция подается в межтрубное пространство. Для нормального качества пены впрыск должен закончиться до начала старта композиции и составлять 90% от времени старта. Например, если время старта 50 с, то время впрыска должно быть  $0,9 \times 50 = 45$  с.

Далее приведено расчетное количество полиола и изоцианата для труб разных диаметров для трубной системы Изолан 345/1М. Соотношение компонентов А:Б составляет 100:145.

Для труб диаметром 57-325 мм расчетная плотность составляет  $85 \text{ кг/м}^3$ .

Для труб диаметром 426-1020мм расчетная плотность составляет  $80 \text{ кг/м}^3$ .

## Расход полиола и изоцианата на 1 погонный метр трубной конструкции

Диаметр стальной трубы	Диаметр ПЭ оболочки	Расход полиола, кг	Расход изоцианата, кг
57	57	0,319	0,462
76	76	0,349	0,505
89	89	0,461	0,668
108	108	0,531	0,770
133	133	0,860	1,246
159	159	0,948	1,375
219	219	1,282	1,860
273	273	2,188	3,174
325	325	2,539	3,683
426	426	3,12	4,524
530	530	5,286	7,665
630	630	5,644	8,183
720	720	6,738	9,77
820	820	7,55	10,947
1020	1020	8,954	12,983

Пример самостоятельного расчета количества компонентов (А + Б) на 1 погонный метр трубы размером 42/110.

Объем рассчитываем по формуле:  $V = 3,14 \times d^2 / 4$ ;

$$V_{\text{ст.трубы}} = 3,14 \times (0,042)^2 / 4 = 0,001256;$$

$V_{\text{ПЭ трубы}} = 3,14 * (0,110 - 0,005)^2 / 4 = 0,008655$ , т.е. расчет сделан с учетом толщины ПЭ-стенки для трубы диаметром 110 мм (толщина стенки 2,5 мм = 0,0025 м, 0,0025 + 0,0025 = 0,005 м).

$$V_{\text{межтрубного пространства}} = V_{\text{ПЭ трубы}} - V_{\text{ст.трубы}} = 0,008655 - 0,001256 = 0,00740 \text{ м}^3.$$

Чтобы узнать, например, сколько компонентов (А + Б) пойдет на трубу размером 40×110 и длиной 11,15 м, необходимо  $0,00740 \text{ м}^3 \times \text{плотность (85 кг/м}^3) = 0,592 \text{ кг/ п.м}$ , затем  $11,38 \times 0,592 = 6,6008 \text{ кг А+Б}$ .

$$А + Б = 1 + 1,45 = 2,45 \text{ частей};$$

$$6,6008 \text{ кг} / 2,45 = 2,694 \text{ кг А и}$$

$$6,6008 - 2,694 = 3,314 \text{ кг Б.}$$

Нормы расхода стыков приведены в приложении 7:

- норма расхода пенополиуретана для заделки стыков предизолированных труб в защитной полиэтиленовой оболочке (тип 1);
- норма расхода пенополиуретана для заделки стыков предизолированных труб в защитной полиэтиленовой оболочке (тип 2);
- норма расхода пенополиуретана для заделки стыков предизолированных труб в защитной оцинкованной оболочке;
- расчет массы полиола и полиизоцианата для заданных диаметров стальных труб в защитной оболочке.



## Перечень нормативной документации

1. ГОСТ 166–89 Штангенциркули. Технические условия.
2. ГОСТ 409–77 Пластмассы ячеистые и резины губчатые. Метод определения кажущейся плотности.
3. ГОСТ 5394–74 Обувь из юфти. Общие технические условия.
4. ГОСТ 7502–98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия.
5. ГОСТ 9.402–80 ЕСЗКС. Покрyтия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей перед окрашиванием.
6. ГОСТ 9282–76 ССБТ. Одежда специальная для защиты от механических повреждений и общих производственных загрязнений. Костюмы женские. Технические условия.

7. ГОСТ 11262–80 Пластмассы. Метод испытания на растяжение.
8. ГОСТ 12423–66 Пластмассы. Условия кондиционирования и испытания образцов (проб).
9. ГОСТ 12548–76 ССБТ. Одежда специальная для защиты от механических повреждений и общих производственных загрязнений. Костюмы мужские. Технические условия.
10. ГОСТ 14918–80. Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий. Технические условия.
11. [ГОСТ 16338](#)–85 Полиэтилен низкого давления. Технические условия.
12. ГОСТ 17177–94 Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний.

13. ГОСТ 17375–2001 Детали трубопроводов стальные бесшовные приварные на  $R_y \leq 10 \text{ МПа}$  ( $\leq 100 \text{ кгс/см}^2$ ). Отводы крутоизогнутые. Конструкция и размеры.
14. ГОСТ 17376–2001 Детали трубопроводов стальные бесшовные приварные на  $R_y \leq 10 \text{ МПа}$  ( $\leq 100 \text{ кгс/см}^2$ ). Тройники. Конструкция и размеры.
15. ГОСТ 17378–2001 Детали трубопроводов стальные бесшовные приварные на  $R_y \leq 10 \text{ МПа}$  ( $\leq 100 \text{ кгс/см}^2$ ). Переходы. Конструкция и размеры.
16. ГОСТ 17380–2001 Детали трубопроводов стальные бесшовные приварные на  $R_y \leq 10 \text{ МПа}$  ( $\leq 100 \text{ кгс/см}^2$ ). Переходы. Конструкция и размеры.
17. ГОСТ 18321–73 Статистический контроль качества. Метод случайного отбора выборок штучной продукции.

18. ГОСТ 18599–2011 Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия.
19. ГОСТ 23206–78 Пластмассы ячеистые жесткие. Метод испытания на сжатие.
20. ГОСТ 26433.1–89 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления.
21. ГОСТ 26996–86 Полипропилен и сополимеры пропилена. Технические условия.
22. ГОСТ 27078–86 Трубы из термопластов. Метод определения длины труб после прогрева.
23. ГОСТ 29325–92 Трубы из пластмасс. Определение размеров.

24. ГОСТ 30256–94 Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности цилиндрическим зондом.
25. ГОСТ 30732–06 Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитной оболочкой.
26. ГОСТ 12.2.012–75. Государственный стандарт Союза ССР. Система стандартов безопасности труда. Приспособления по обеспечению безопасного производства работ. Общие требования.
27. ГОСТ 12.3.016–87 ССБТ. Строительство. Работы антикоррозионные. Требования безопасности.
28. ГОСТ 12.3.038–85 Строительство. Работы по тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. Требования безопасности.

29. ГОСТ 12.4.103–83 ССБТ. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация.
30. ГОСТ 12.4.010–75 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия.
31. ПБ 10–573–03. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды.
32. РД 34.15.027–93 Сварка, термообработка и контроль трубных систем, котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте оборудования электростанций (РТМ-1с-93).
33. РД 153-34.0-20.518-2003 Типовая инструкция по защите трубопроводов тепловых сетей от наружной коррозии.

34. ВСН 11-94 Ведомственные строительные нормы по проектированию и бесканальной прокладке внутриквартальных тепловых сетей из труб с индустриальной теплоизоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке.
35. СН и П III-20-74 Правила производства и приемки работ.
36. ГОСТ 12.3.016–87 ССБТ. Строительство. Работы антикоррозионные. Требования безопасности.
37. ТУ 38.10.6140-92 Перчатки резиновые анатомические. Технические условия.

# Приложение 1

## Расчет массы полиола и изоцианата для заданных диаметров стальных труб в защитной оболочке

Серые ячейки-вводимые данные !

внешний диаметр внутренней трубы	мм	<b>76,0</b>	<b>133,0</b>	<b>530,0</b>	<b>108,0</b>
внешний диаметр защитной оболочки	мм	<b>140,0</b>	<b>250,0</b>	<b>710,0</b>	<b>200,0</b>
толщина защитной оболочки	мм	<b>2,5</b>	<b>3,5</b>	<b>8,9</b>	<b>0,6</b>
толщина ППУ изоляции	мм	29,50	55,00	81,10	45,40
длина трубы с ППУ изоляцией	мм	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
объем заполнения	м <sup>3</sup>	9,78	32,48	155,70	21,88
плотность (ожидаемая)	кг/м <sup>3</sup>	<b>87</b>	<b>87</b>	<b>87</b>	<b>87</b>
соотношение компонентов	количество изоцианата в 100м.ч. Полиола	<b>170</b>	<b>170</b>	<b>170</b>	<b>180</b>
общее кол-во ППУ компонентов	кг	0,851	2,826	13,546	1,903
кол-во Полиола	кг	0,315	1,047	5,017	0,680
кол-во Изоцианата	кг	0,536	1,779	8,529	1,224

Примечание: Для расчета количества используемого полиола и изоцианата, необходимого для заливки определенных диаметров труб ввести нужные значения в ячейки, отмеченные серым цветом



**Таблица времени заливки на 1 п.м. стальной трубы в ОЦ оболочке при определенной расчетной плотности ППУ системы и производительности**

Ø стальной стальной трубы, мм	Ø ОЦ оболочки, мм	Угол наклона	Производительность кг/мин	Время заливки на 1 п.м трубы, с			
				Расчетная плотность, кг/м <sup>3</sup>			
				80	83	85	87
32	125 x 0,55	max	200	0,27	0,28	0,29	0,3
38	125 x 0,55	max	200	0,26	0,27	0,28	0,29
45	125x 0,55	max	200	0,25	0,26	0,27	0,273
57	125 x 0,55	max	200	0,22	0,23	0,24	0,25
76	140 x0,55	max	200	0,25	0,26	0,27	0,28
89	160 x0,55	max	200	0,33	0,34	0,35	0,36
108	180 x 0,6	7,5	200	0,38	0,39	0,40	0,41
133	225 x 0,6	6	200	0,61	0,63	0,65	0,67
159	250 x 0,7	5,5	200	0,68	0,71	0,73	0,74
219	315 x 0,7	6,5	200	0,95	0,98	1,00	1,03
273	400 x 0,8	4,7	200	1,58	1,64	1,68	1,72
325	460 x 0,8	4,6	200	1,97	2,04	2,09	2,14
426	555 x 1,0	4	350	1,33	1,38	1,42	1,45
530	711 x 1,0	4	350	2,38	2,47	2,53	2,59
630	800 x 1,0	3,2	350	2,58	2,68	2,74	2,81
720	914 x 1,0	3,2	350	3,37	3,50	3,58	3,67
820	1000 x 1,0	3	350	3,48	3,61	3,70	3,79
1020	1255 x 1,0	3	350	5,57	5,77	5,91	6,05
1220	1375x 1,3	2,5	350	4,27	4,43	4,54	4,64

Примечание: В данной таблице указан расчет времени заливки для расчетных плотностей 80,83,85,87 кг/м<sup>3</sup> для разных диаметров стальных труб в оцинкованной оболочке при производительности заливочной машины 200кг/ мин для диаметров стальных труб 32-325 мм, и производительности 350 кг/мин для труб диаметром 426-1220 мм. Также прописаны ориентировочные углы наклона заливочного стола для труб определенных диаметров

**Таблица времени заливки на 1 п.м. стальной трубы в ПЭ оболочке при определенной расчетной плотности ППУ системы и производительности**

Ø стальной стальной трубы, мм	Ø ПЭ оболочки, мм	Угол наклона	Производительность кг/мин	Время заливки на 1 п.м трубы, с			
				Расчетная плотность, кг/м <sup>3</sup>			
				80	83	85	87
32	125 x 2,5	max	200	0,25	0,26	0,27	0,28
38	125 x 2,5	max	200	0,24	0,25	0,26	0,27
45	125 x 2,5	max	200	0,23	0,24	0,25	0,26
57	125 x 2,5	max	200	0,21	0,21	0,22	0,23
76	140 x 3	max	200	0,23	0,24	0,24	0,25
89	160 x 3	max	200	0,30	0,31	0,32	0,33
108	180 x 3	max	200	0,35	0,37	0,37	0,38
114	200 x 3,2	max	200	0,46	0,48	0,49	0,50
133	225 x 3,5	6	200	0,56	0,58	0,59	0,61
159	250 x 3,9	5,5	200	0,63	0,65	0,67	0,68
219	315 x 4,9	6,5	200	0,85	0,88	0,90	0,93
273	400 x 5,6	4,7	200	1,45	1,49	1,53	1,57
325	450 x 5,6	4,6	200	1,64	1,70	1,74	1,78
377	450 x 5,6	4,7	200	0,95	0,98	1,00	1,03
377	500 x 6,2	4,7	200	1,80	1,87	1,90	1,96
426	560 x 7	4	350	1,25	1,30	1,33	1,36
530	710 x 8,9	4	350	2,13	2,21	2,26	2,32
630	800 x 10	3,2	350	2,27	2,36	2,42	2,47
720	900 x 11,2	3,2	350	2,71	2,81	2,88	2,94
820	1000 x 12,4	3	350	3,00	3,11	3,18	3,26
1020	1200 x 14,9	3	350	3,54	3,67	3,76	3,85

Примечание: В данной таблице указан расчет времени заливки для расчетных плотностей 80,83,85,87 кг/м<sup>3</sup> для разных диаметров стальных труб в полиэтиленовой оболочке при производительности заливочной машины 200кг/ мин для диаметров стальных труб 32-325 мм, и производительности 350 кг/мин для труб диаметром 426-1220 мм. Также прописаны ориентировочные углы наклона заливочного стола для труб определенных диаметров

## Расчет времени заливки ППУ композиции

Диаметр стальной трубы, мм	Защитная оболочка ( ПЭ или ОЦ)			Расчетная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Производительность, кг/мин	Время заливки, с
	Диам.(мм)	Толщ.(мм)	Длина (м)			
<b>57</b>	140	2,5	1,1	80	100	<b>0,62</b>
<b>45</b>	125	2,5	1,0	75	100	<b>0,437</b>
<b>57</b>	125	2,5	2,0	75	200	<b>0,394</b>
<b>76</b>	140	3	1,0	75	300	<b>0,14</b>
<b>89</b>	160	3	1,0	75	200	<b>0,28</b>
<b>585</b>	800	10	1,1	90	100	<b>12,418</b>
<b>114</b>	200	3,2	1,0	75	200	<b>0,433</b>
<b>133</b>	225	3,5	1,0	75	200	<b>0,527</b>
<b>159</b>	250	3,9	1,0	75	200	<b>0,590</b>
<b>219</b>	315	4,9	1,0	75	200	<b>0,799</b>
<b>273</b>	400	5,6	1,0	75	200	<b>1,354</b>
<b>325</b>	450	5,6	1,0	75	200	<b>1,536</b>
<b>377</b>	450	5,6	1,0	75	200	<b>0,891</b>
<b>377</b>	500	6,2	1,0	75	200	<b>1,690</b>
<b>426</b>	560	7	1,0	75	350	<b>1,178</b>
<b>530</b>	710	8,9	1,0	75	350	<b>2,002</b>
<b>630</b>	800	10	1,0	75	350	<b>2,136</b>
<b>720</b>	900	11,2	1,0	75	350	<b>2,542</b>
<b>820</b>	1000	12,4	1,0	75	350	<b>2,813</b>
<b>1020</b>	1200	14,9	1,0	75	350	<b>3,322</b>

**Примечание:** Данная таблица позволяет произвести расчет времени заливки в зависимости от диаметра стальной трубы, диаметра защитной оболочки, толщины защитной оболочки, длины трубы, расчетной заливочной плотности ППУ системы и производительности заливочной машины. Все необходимые данные нужно ввести в графы, обозначенные серым цветом