

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М.Ф. Решетнева»

Ресурсный центр коллективного пользования «Космические аппараты и системы»

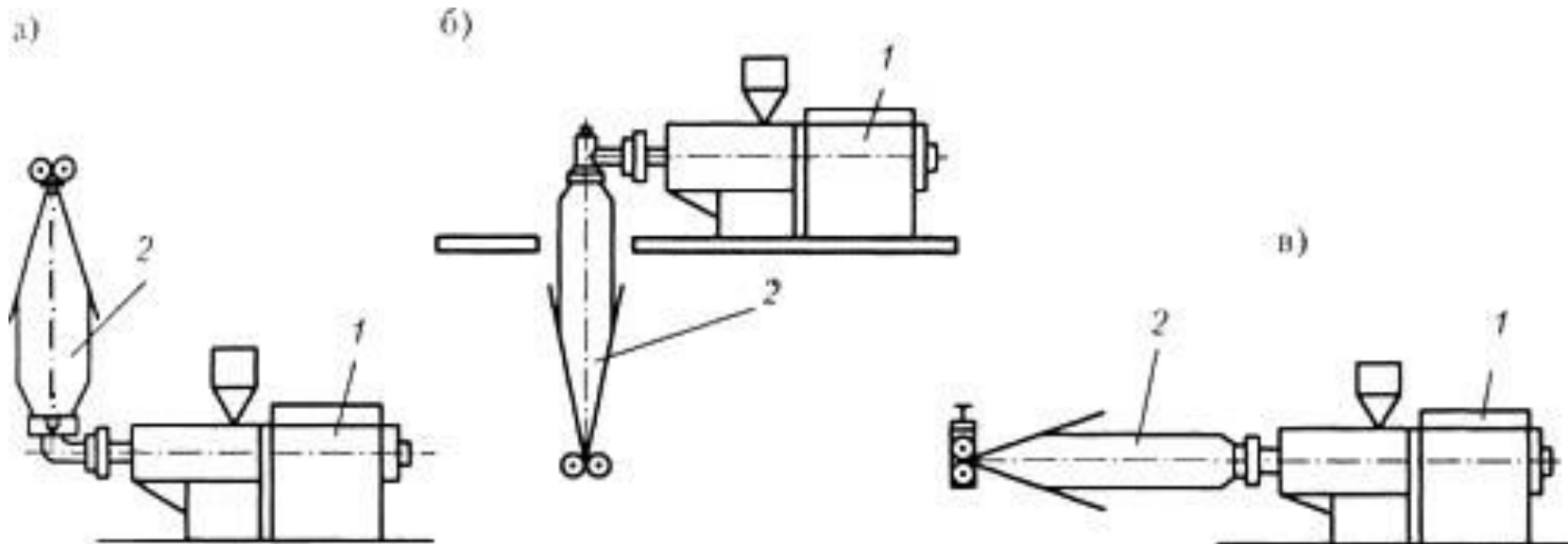
Магистерская программа «Технология производства изделий из полимерных композиционных  
материалов»

**Курс «Технология производства изделий из термопластичных композиционных  
материалов»**

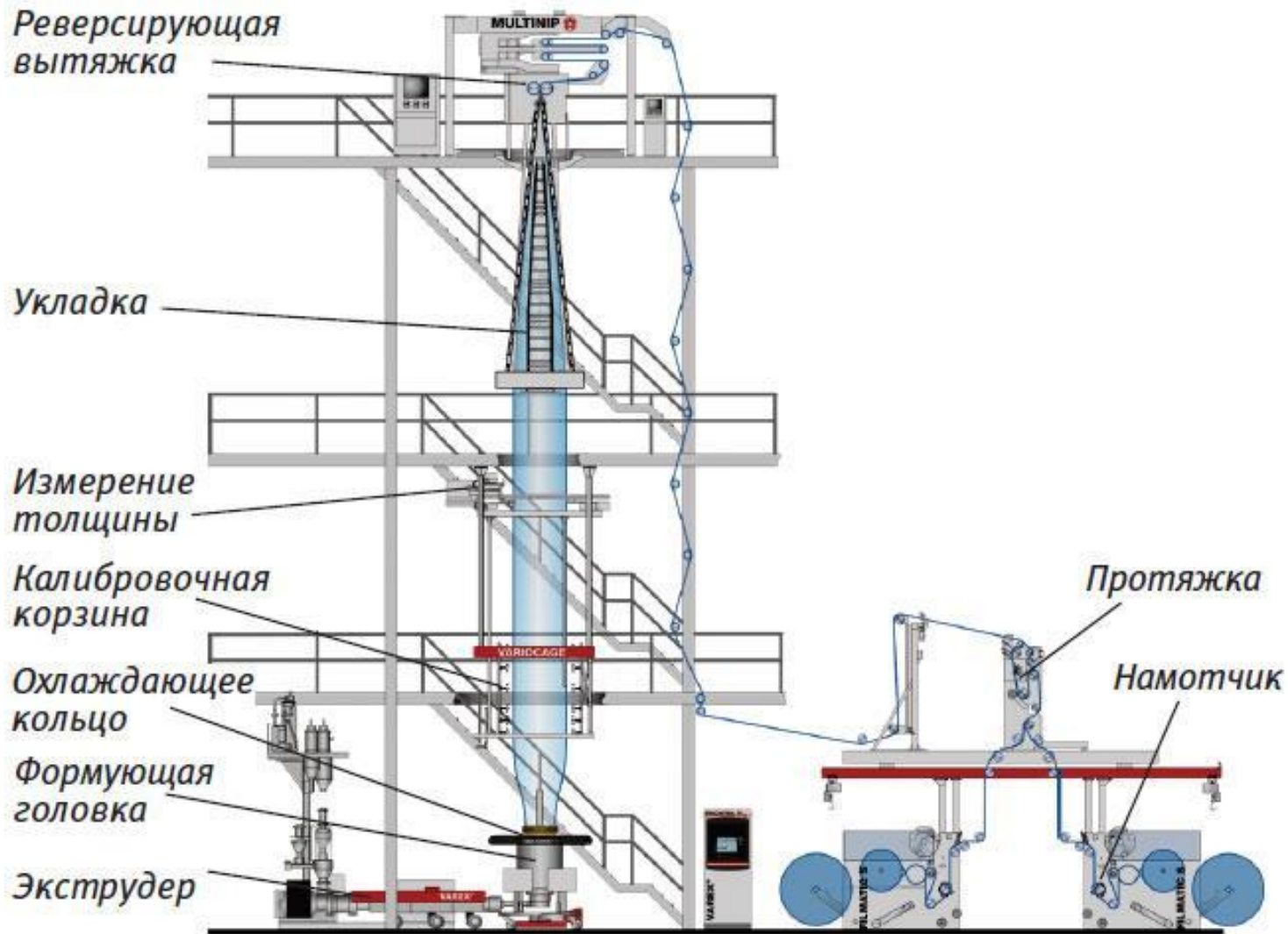
# **Технология изготовления полимерных пленочных рукавов**



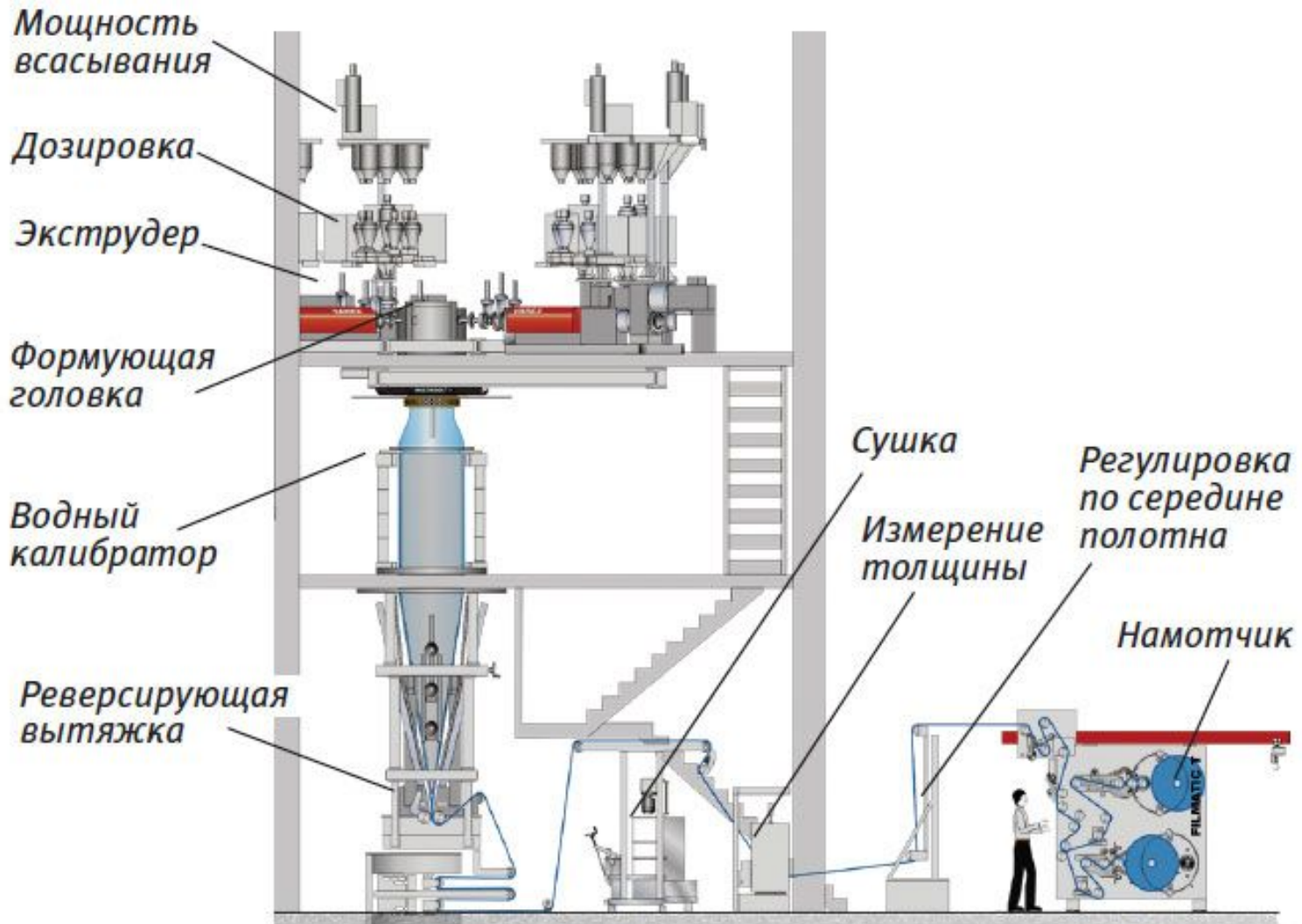
# Варианты способов отвода полимерного рукава



# Линия производства рукавной пленки



# Линия производства рукавной пленки



# Линия производства рукавной пленки



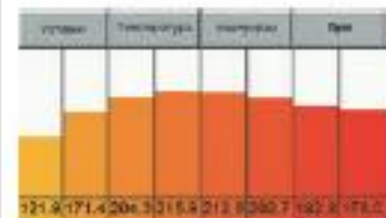
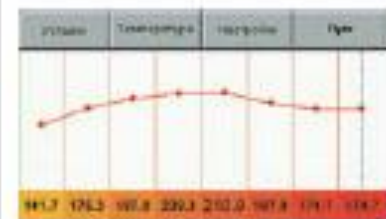


# Схема контроля температуры при производстве рукавной пленки



**Готовый проект!**

Комплект оборудования + программа для панели оператора



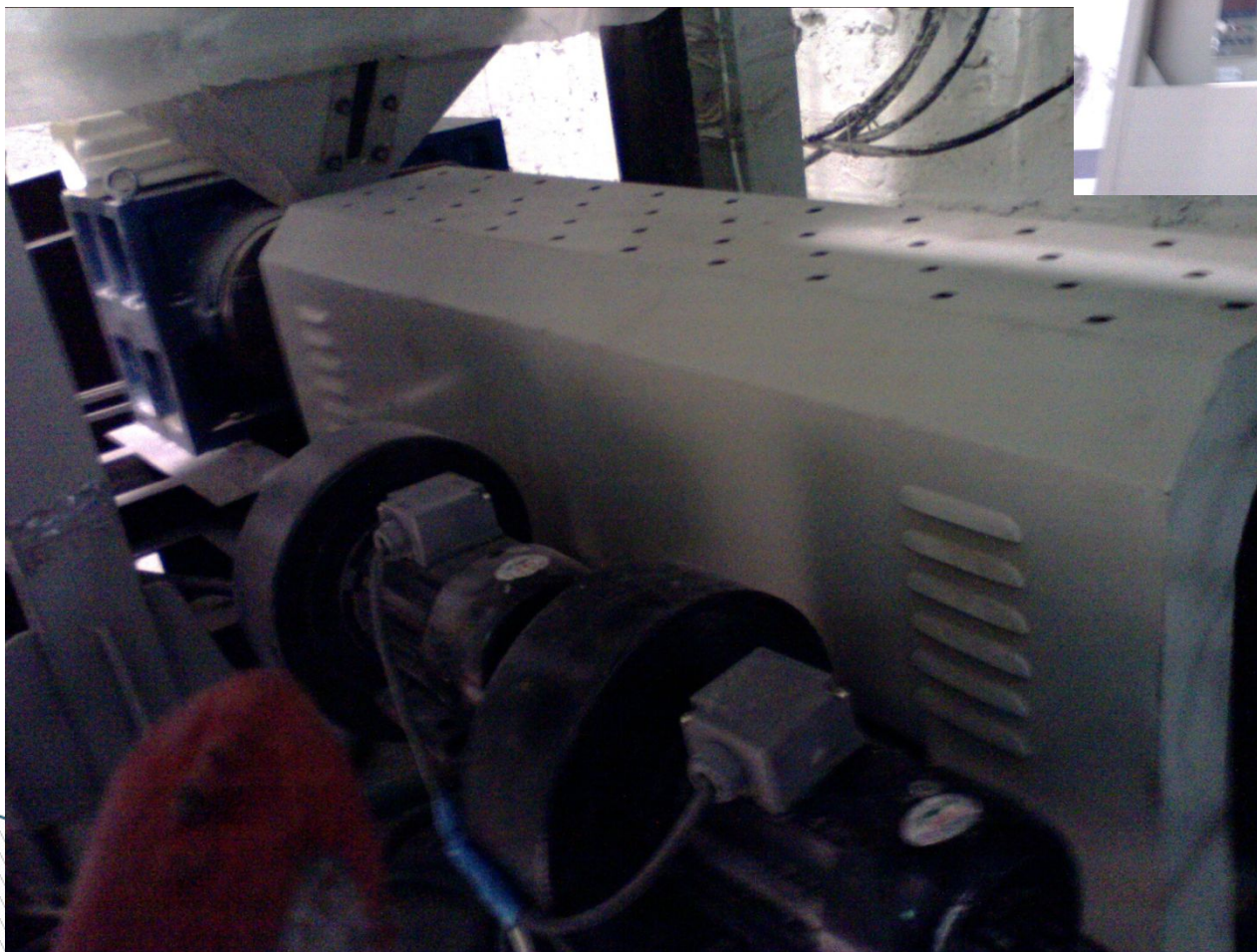
Участок	Температура	Плотность	Пит
Зона 1	Температура (100)	Плотность (100)	
Зона 2	Температура (100)	Плотность (100)	
Зона 3	Температура (100)	Плотность (100)	
Зона 4	Температура (100)	Плотность (100)	
Зона 5	Температура (100)	Плотность (100)	
Зона 6	Температура (100)	Плотность (100)	
Зона 7	Температура (100)	Плотность (100)	
Зона 8	Температура (100)	Плотность (100)	

# На одном из предприятий г. Красноярска...

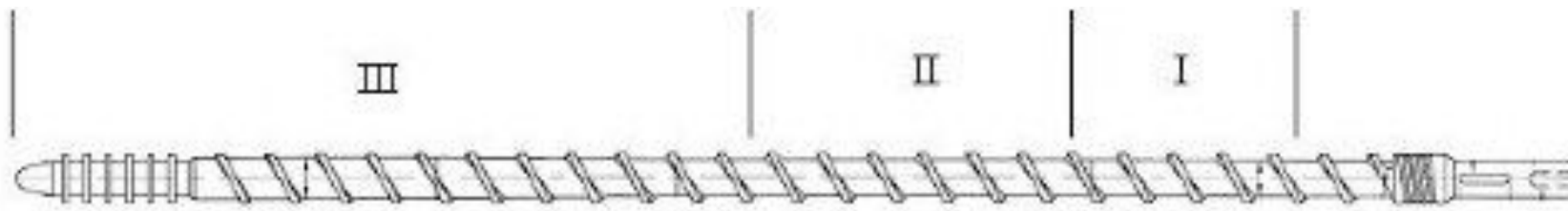




На одном из предприятий  
г. Красноярска...

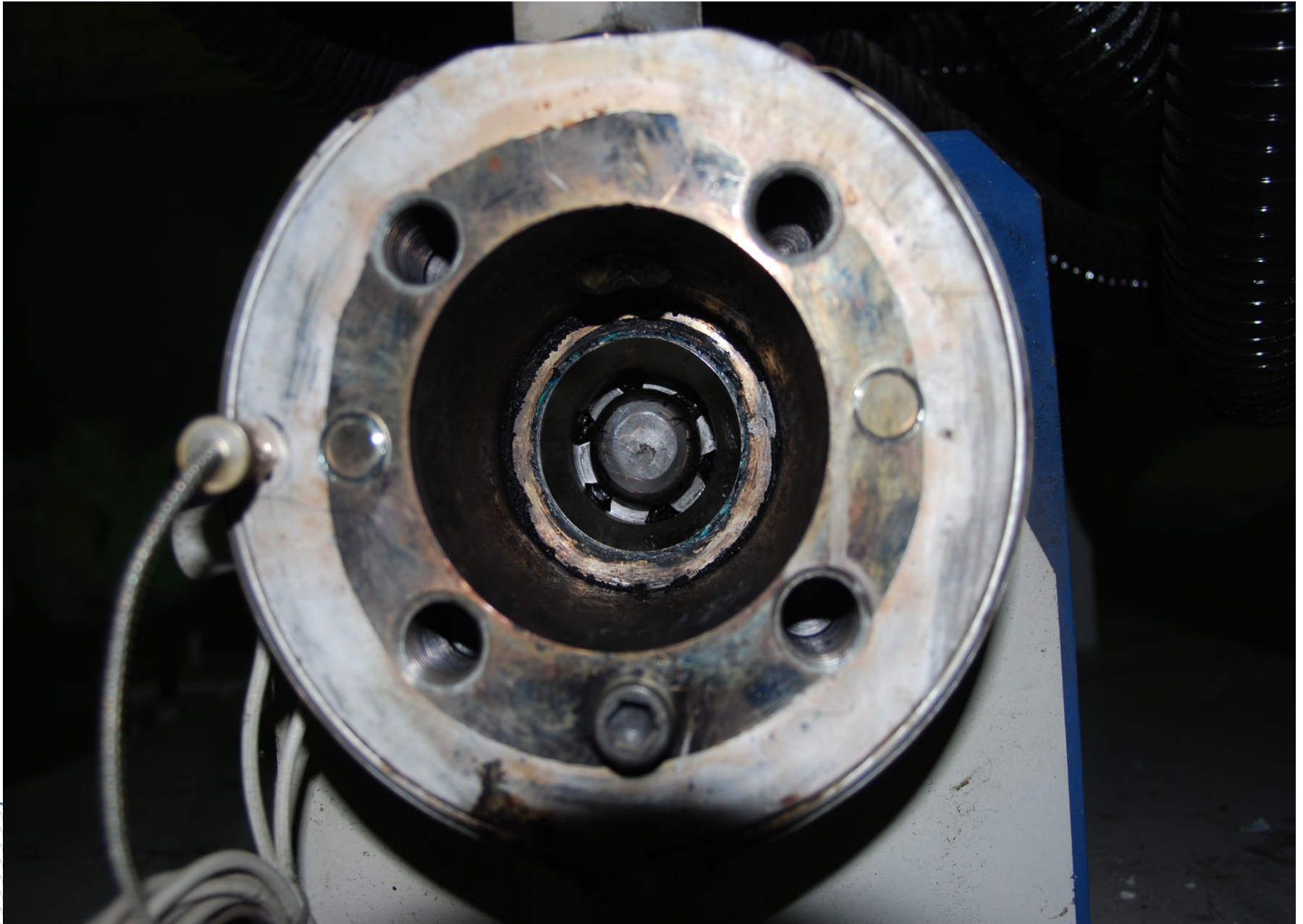


# Общий вид шнека для производства рукавной пленки из ПЭ



Пластикация полимера. Для пластикации используются преимущественно одночервячные экструдеры с диаметром шнека  $D$  36,45,63,90,160 и реже 250 мм; с длиной червяка  $(25-32)D$  для достижения лучшей гомогенизации расплава и уменьшения пульсации расплава. Чем тоньше пленка или составляющие ее слои - тем длиннее должен быть червяк. Конструкция червяка, как правило, трехзонная (для ПВХ - двухзонная) с длиной зоны плавления  $(1-2)D$ , степень сжатия - до 4,2, загрузочная зона червяков - охлаждаемая. Материальный цилиндр обычно имеет 4-6 зон обогрева, причем температура должна регулироваться с точностью  $\pm(1-1,5)^\circ\text{C}$ .

Температура по зонам цилиндра определяется свойствами перерабатываемого полимера и вязкостью его расплава. При выборе режима пластикации учитывают, что температура материального цилиндра должна плавно возрастать от загрузочного отверстия к головке, перед входом в которую она максимальна.





Формование рукавной заготовки происходит в рукавной головке, в которую поток расплава полимера поступает из экструдера и затем выдавливается из кольцевого оформляющего зазора. С этой целью используют угловые или прямоточные головки, обычно с диаметром кольцевого зазора 250-750 мм.

Воздух для пневморастягивания рукава подводится через дорн.

Обязательные требования к головкам - отсутствие застойных зон, равномерное и одинаковое по длине каналов движение расплава, равномерный, без пульсаций, выход рукава с равной по периметру толщиной стенки.

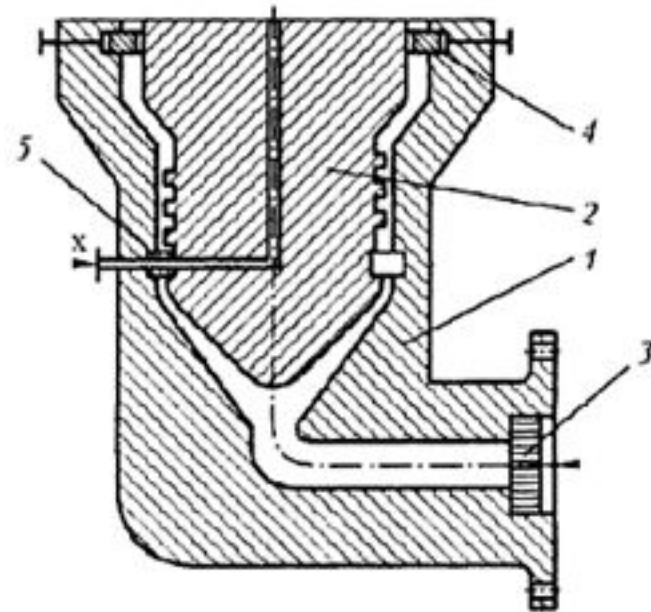
Конструкция головки должна обеспечивать необходимое гидравлическое сопротивление (давление до 20-30 МПа), а ее устройство - легкую установку и разборку.

Материал рабочих поверхностей головки должен быть коррозионностойким.

Наибольшее распространение получили головки с центральным входом и винтовым распределительным каналом.

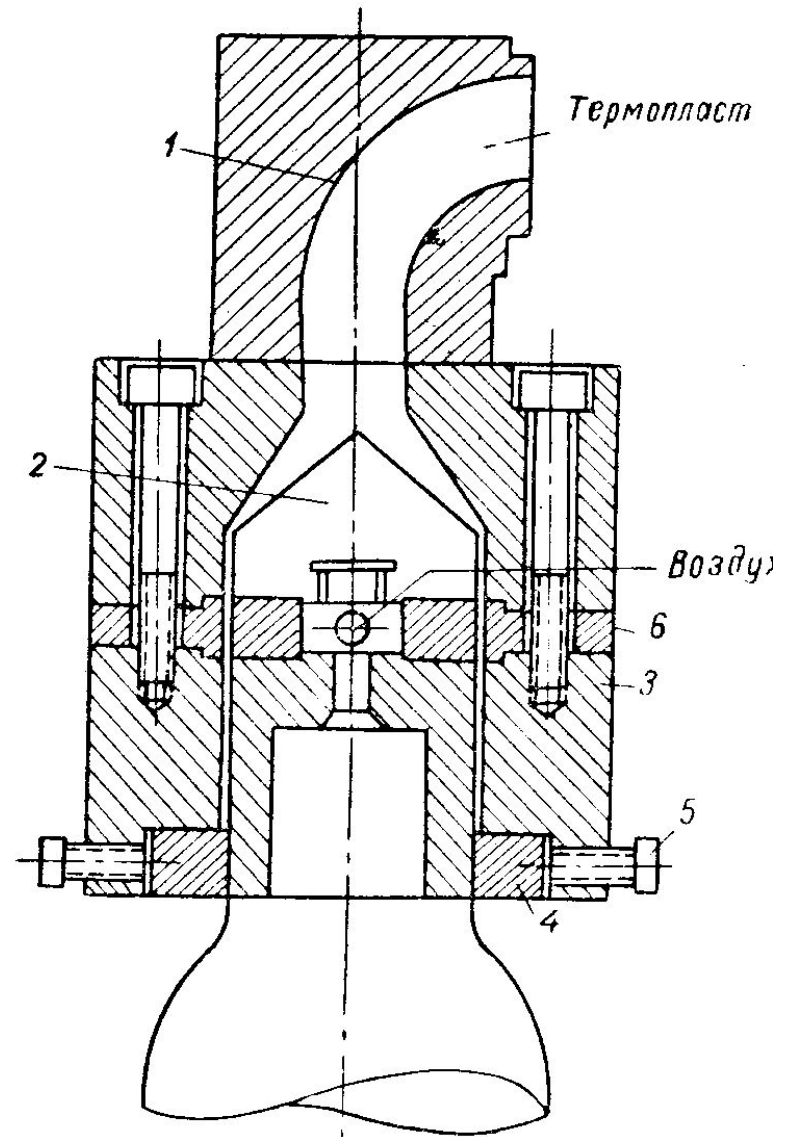
# Схема угловой рукавной головки с центральной подачей расплава

- 1 - корпус головки;
- 2 - дорн;
- 3 - фильтр;
- 4 - мундштук;
- 5 - доронодержатель.



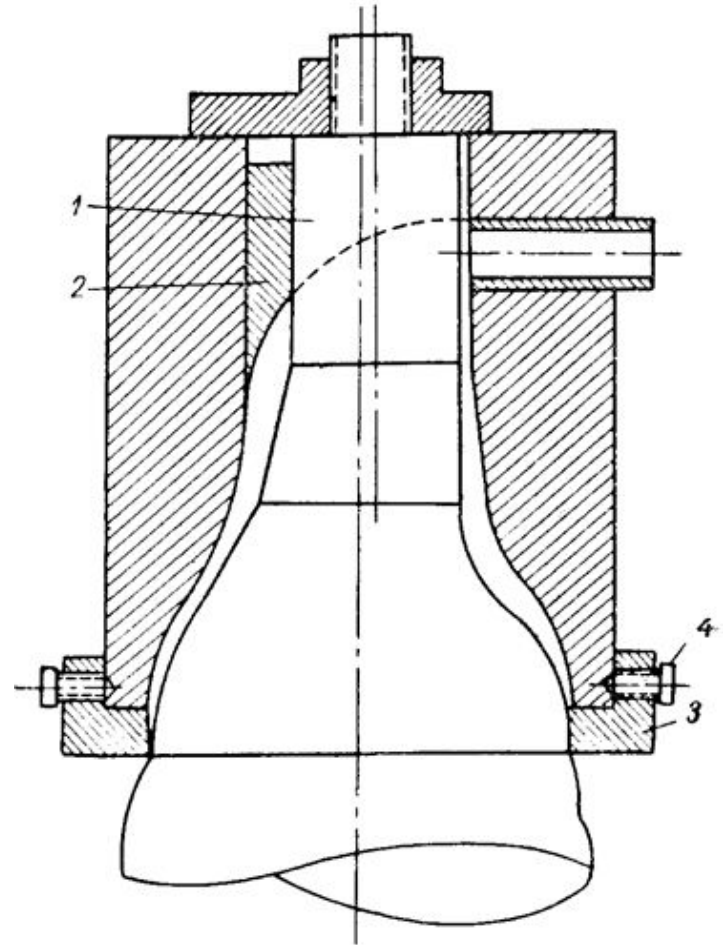
# Головка с верхним питанием

- 1 – труба для питания;
- 2 – дорн;
- 3 – корпус головки;
- 4 – формующее кольцо;
- 5 – регулировочный болт;
- 6 – дорнодержатель



# Головка с боковым питанием

- 1 – дорн;
- 2 – направляющая втулка;
- 3 – формирующее кольцо;
- 4 – регулировочный болт;
- 5 – штуцер для входа расплава





Повышению качества пленки (равнотолщинность, отсутствие сварочных полос) способствует применение головок с вращающимися элементами.

Вращающиеся головки, как правило, применяются при производстве пленок шириной 5 и более метров.

Температура головки оказывает существенное влияние на такие эксплуатационные свойства пленки, как мутность, выражаемую в процентах, и гляцевитость, оцениваемую в условных единицах.

Чем больше перепад между температурой головки, равной температуре экструдированной рукавной заготовки, и температурой окружающего пространства, тем больше в полимере раздуваемого рукава содержание аморфной фазы и, соответственно, тем прозрачнее пленка.









# Раздув заготовки и образование пузыря

Важнейшая технологическая операция, формирующая физико-механические и эксплуатационные свойства изделия.

Параметры этой операции - степень раздува заготовки, продольная вытяжка рукава и его конфигурация в зоне раздувания.

Степень раздува  $\varepsilon_p$ , при прочих равных условиях оказывает существенное влияние на равномерность пленки по толщине в поперечном направлении. Она определяется из соотношения:

$$\varepsilon_p = (D/d_k) \cdot 100\%,$$

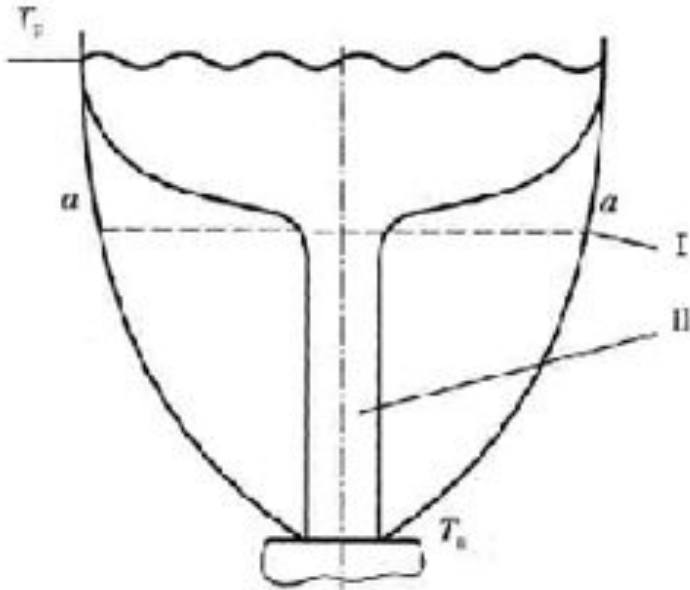
где  $D$  – диаметр рукава;  $d_k$  - диаметр рукавной заготовки, равный диаметру кольцевой формирующей щели.

Обычно  $\varepsilon_p$  не превышает 300%, составляя 200-250%. С увеличением степени раздува повышается прочность рукава в поперечном направлении и снижается - в продольном. Прочность в продольном направлении зависит от долевой вытяжки  $\varepsilon_n$ , которая определяется соотношением скоростей отвода рукава  $V_{отв}$  и выдавливания  $V_в$ :

$$\varepsilon_n = (V_{отв} / V_в) \cdot 100\%.$$

Для получения рукава, равнопрочного в продольном и поперечном направлении, должно соблюдаться соотношение  $\varepsilon_p \approx \varepsilon_n$ .

# Форма раздуваемого рукава



*I - плавное расширение;  
II - грибовидное расширение.*

Оказывает существенное влияние на термоусадку, причем в большей степени на ее поперечную составляющую.

Грибовидная форма рукава является предпочтительной, так как позволяет разделить процессы продольной и поперечной вытяжки, а значит, позволяет их регулировать.

Конфигурация рукава в зоне раздувания зависит от давления воздуха в рукаве, скорости его отвода от головки и от интенсивности охлаждения воздухом, поступающим из наружной охлаждающей системы.

Выдавливаемый из головки прозрачный рукав на некотором расстоянии от нее мутнеет.

Этот эффект наблюдается у кристаллизующихся термопластов. Условную линию, разделяющую прозрачную и непрозрачную часть рукава, принято называть «линией кристаллизации», выше которой дальнейший раздув рукава не происходит и рукав сохраняет свою цилиндрическую форму с достигнутым диаметром  $D$ .

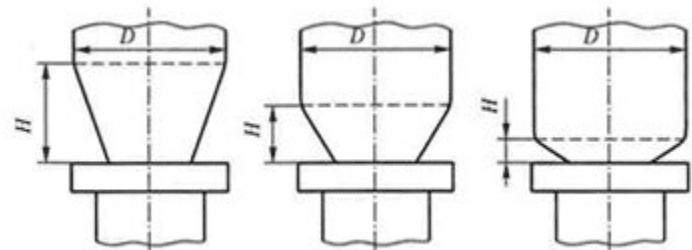
На «линии кристаллизации» температура полимера равна или близка к температуре размягчения.

*Конфигурация рукава в зоне раздувания:*

*а - вытянутая;*

*б - нормальная;*

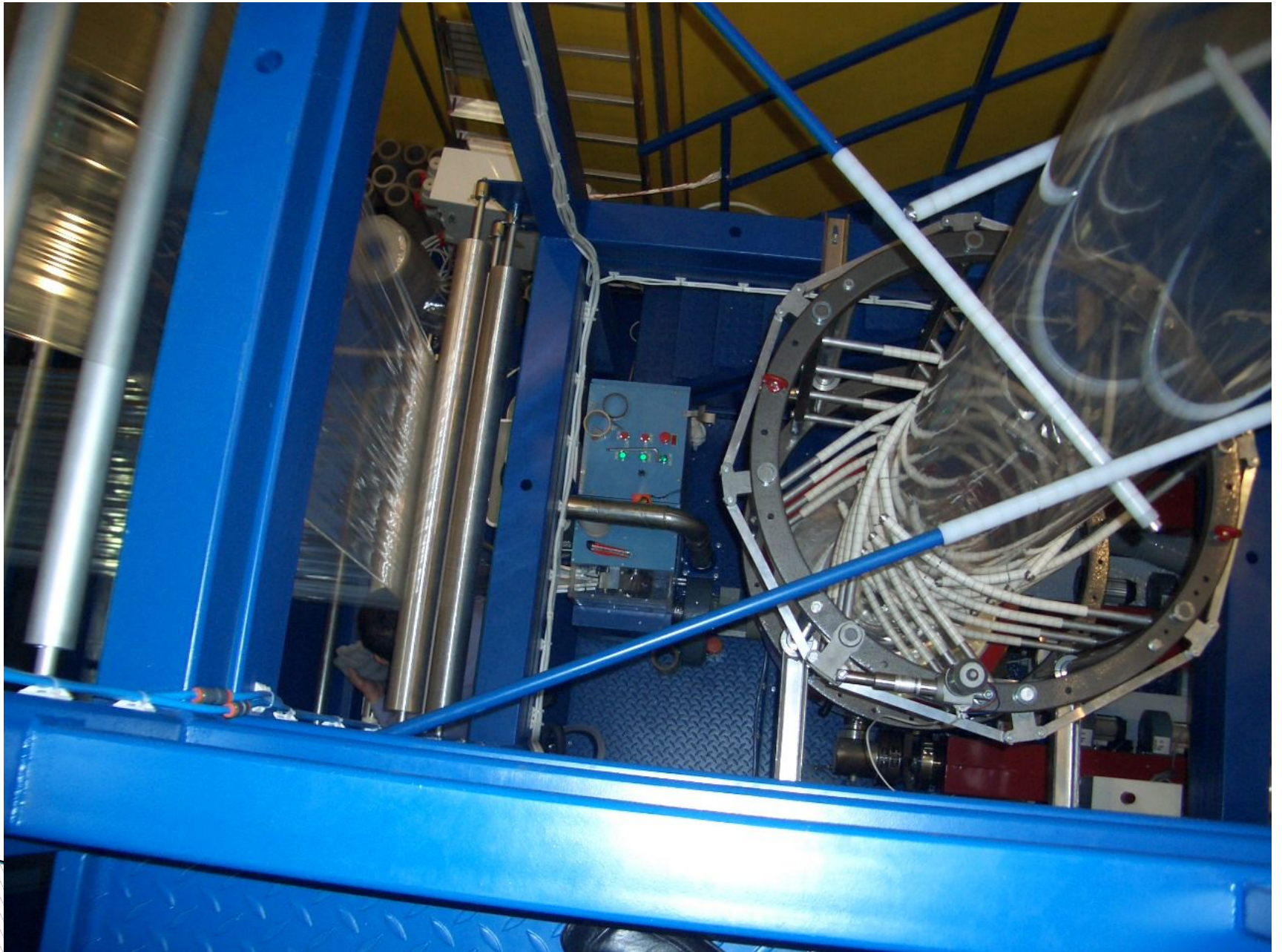
*в - сильно раздутая.*



При согласованных параметрах раздува, скорости отвода и темпа охлаждения рукав принимает «нормальную» конфигурацию, при которой высота «линии кристаллизации»  $H \approx (0,3-0,4)D$ .



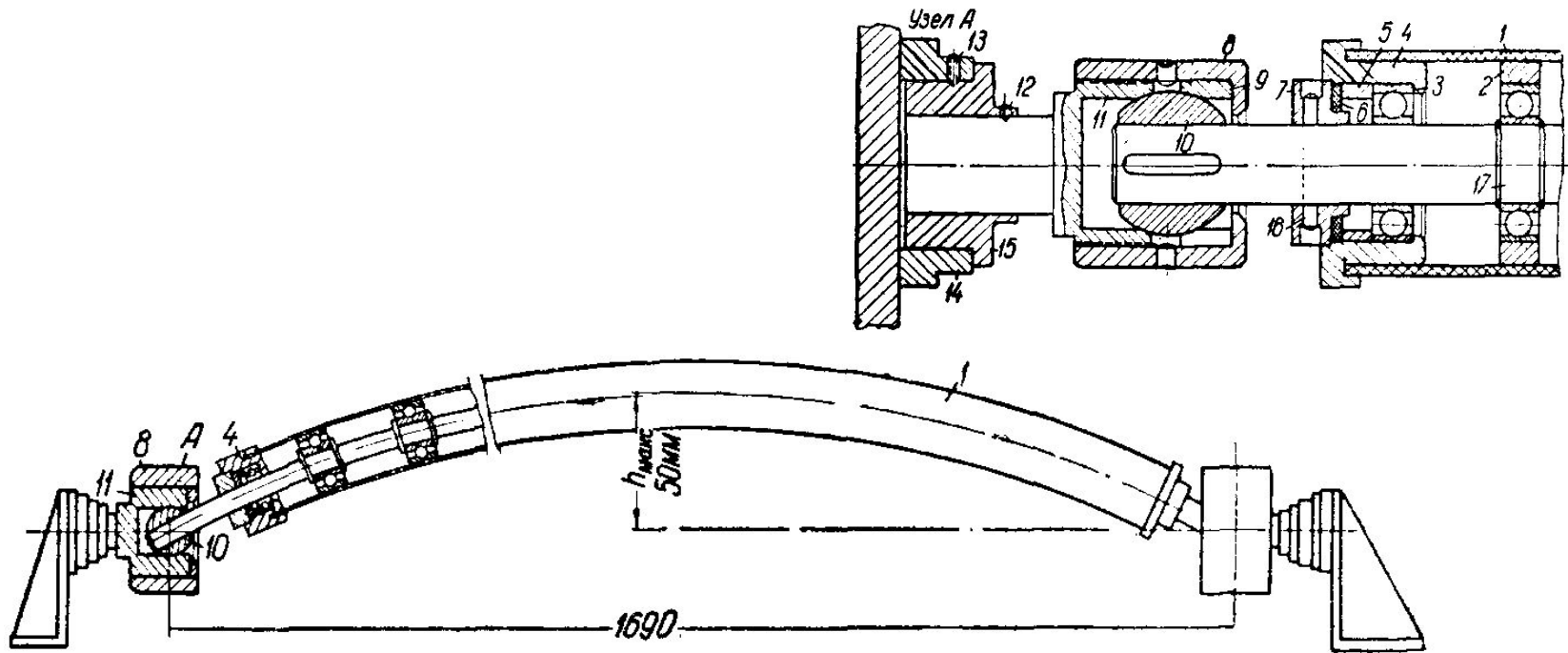








# Изогнутый распрямляющий валик приемного устройства для пленки



1 – труба; 2, 7 – кольца; 3 – подшипник; 4 – ступица; 5, 9 – втулки; 6 – прокладка; 8 – гайка; 10 – шаровая опора; 11 – цапфа; 12, 13 – стопорные винты; 14 – фланец; 15 – втулка; 16 – штифт; 17 – стальной изогнутый валик



# Термоусадочные пленки

Для изготовления термоусадочной пленки из полиэтилена используются следующие марки ПЭНП: 15313-003; 17504-006 и 15813-020. Две первые марки предпочтительнее, поскольку их более низкий ПТР (0,3 и 0,6 г/10 мин) свидетельствует о большем значении средней молекулярной массы полимера и, следовательно, о возможности достижения большей степени вытяжки и ориентации.

В отношении термоусадочных пленок действует ГОСТ 25951, распространяющийся на изделия из полиэтилена.

Физико-химическая особенность термоусадки заключается в формировании несвойственной полимеру надмолекулярной структуры в результате больших осевых деформаций и последующего понижения температуры. При нагревании выше определенной температуры происходит изменение надмолекулярной структуры, которое приводит к геометрическому изменению размеров изделия.

Ориентация макромолекул сопровождается повышением прочности полимера в направлении деформирования. Для пленок эта ориентация может достигаться в продольном, осевом, или в радиальном, поперечном, направлении. Или одновременно в продольном и поперечном направлении, как это происходит с пленками, получаемыми по описанной ранее технологии раздува с одновременным отводом рукава. С возрастанием степени раздува значения продольной и поперечной термоусадки сближаются.

# Термоусадочные пленки

Из рабочих параметров на процесс продольной и поперечной вытяжки и, соответственно, термоусадки влияют зазор формующей щели, температура переработки и толщина пленки.

Увеличение зазора формующей щели вызывает увеличение степени вытяжки и тем самым степени продольной усадки. При этом уменьшается ориентация макромолекулярных цепей в самом канале формующего инструмента, что приводит к незначительному снижению продольной усадки и увеличению усадки в поперечном направлении.

Повышение температуры переработки приводит к снижению показателей усадки в обоих направлениях. Это связано с увеличением подвижности макромолекул полимера, и, как следствие, уменьшением времени релаксации. Ориентированные макромолекулярные цепи или их фрагменты успевают принять свою исходную структуру до того, как температура пленки станет ниже температуры размягчения  $T_r$  полимера.

Толщина пленки на степень вытяжки влияет отрицательно. Поэтому степень вытяжки с увеличением толщины падает (при прочих равных условиях), как следствие уменьшается и продольная усадка.

# Стрейч-пленки

Стрейч (растягивающаяся) пленка является упаковочным материалом. Для ее производства используются сополимеры этилена с винилацетатом (СЭВА), специальные марки линейного полиэтилена низкой плотности (ЛПЭНП), а также некоторые сополимеры этилена с высшими  $\alpha$ -олефинами. Эти полимеры характеризуются значительной деформативностью в твердом состоянии, достигающей для отдельных марок 500-600% при сравнительно невысоких прочностных свойствах.

Толщина стрейч-пленки составляет до 30 мкм, ширина до 500 мм. Пленка может быть одно- и многослойной.

Основные потребительские характеристики стрейч-пленки следующие:

- престрейч - относительная деформация, на которую может быть растянута, пленка при обертывании продукции с обеспечением гарантированного скрепления объекта и без образования в ней разрывов и надрывов (от 50 до 500 %);
- прочность;
- относительное удлинение в продольном и поперечном направлениях;
- стойкость к проколу и раздиру;
- прозрачность;
- ▣ стягивающее усилие - усилие, создаваемое остаточным напряжением в пленке после ее растяжения при обмотке или упаковке объектов.
- ▣ Так как пленка, использованная в качестве упаковочного материала и растянутая, работает в условиях постоянного значения относительного удлинения, то действующее в ней напряжение растяжения изменяется во времени по экспоненте. С течением времени стягивающее усилие в пленке будет уменьшаться, и тем быстрее, чем выше температура окружающей среды, т.к. с увеличением температуры релаксационные процессы ускоряются.