

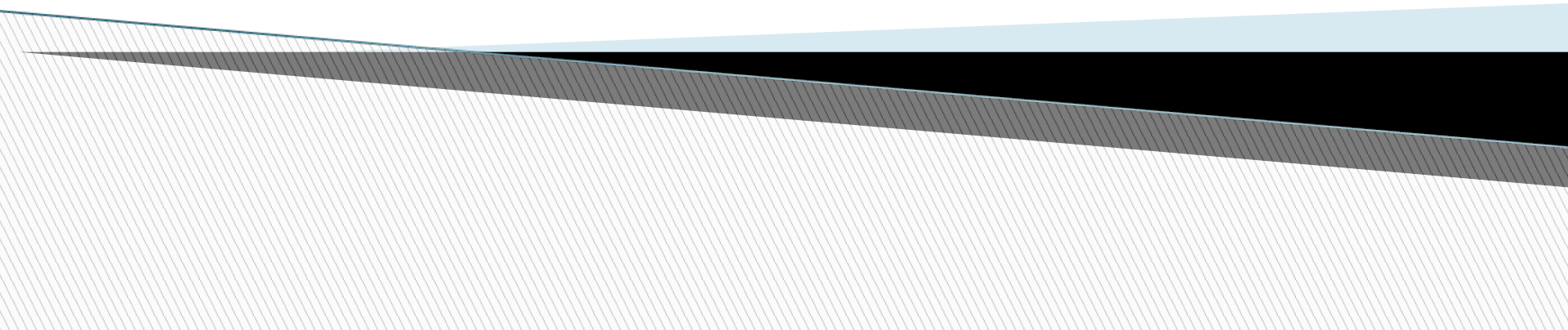
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева»

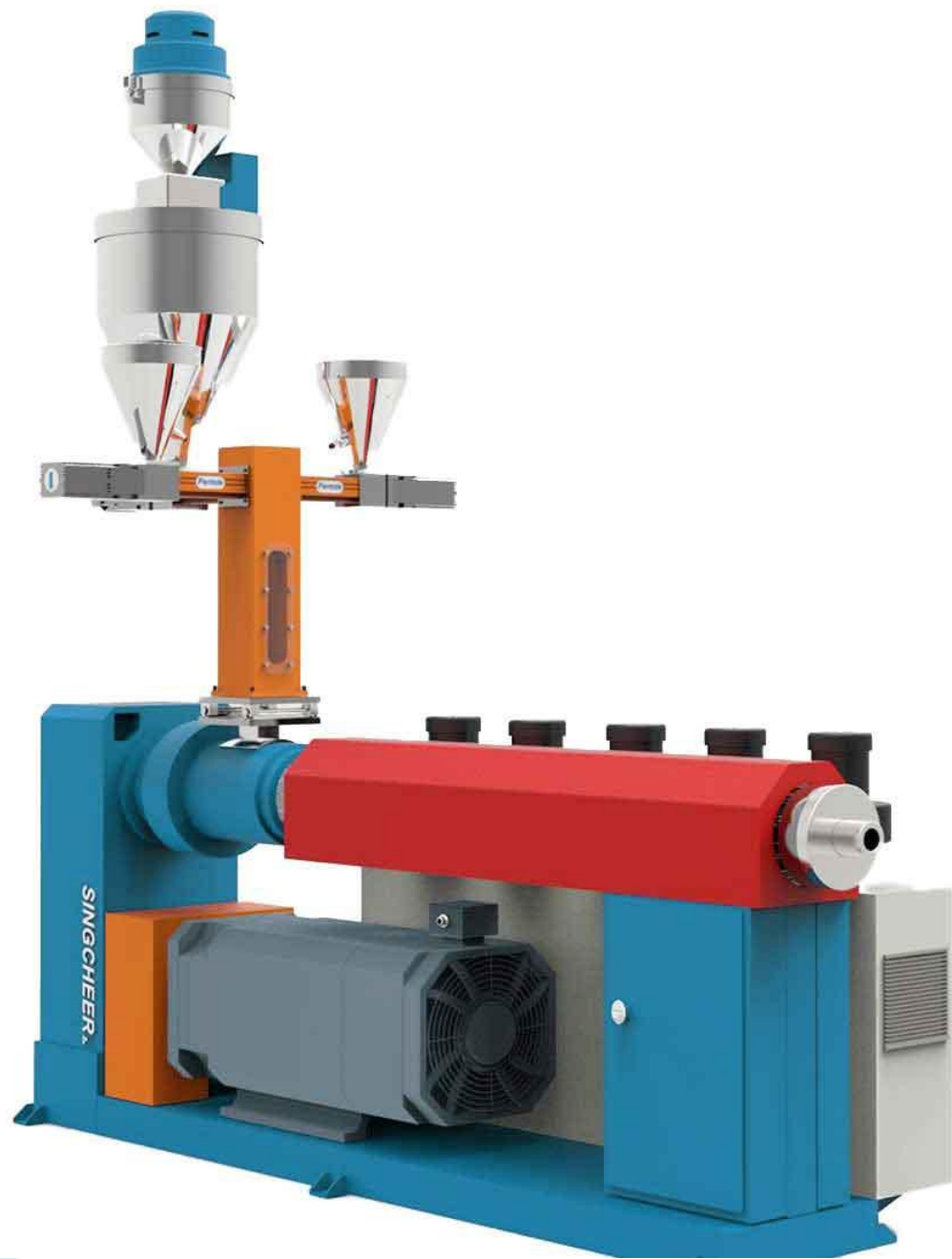
Ресурсный центр коллективного пользования «Космические аппараты и системы»

Магистерская программа «Технология производства изделий из полимерных композиционных
материалов»

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

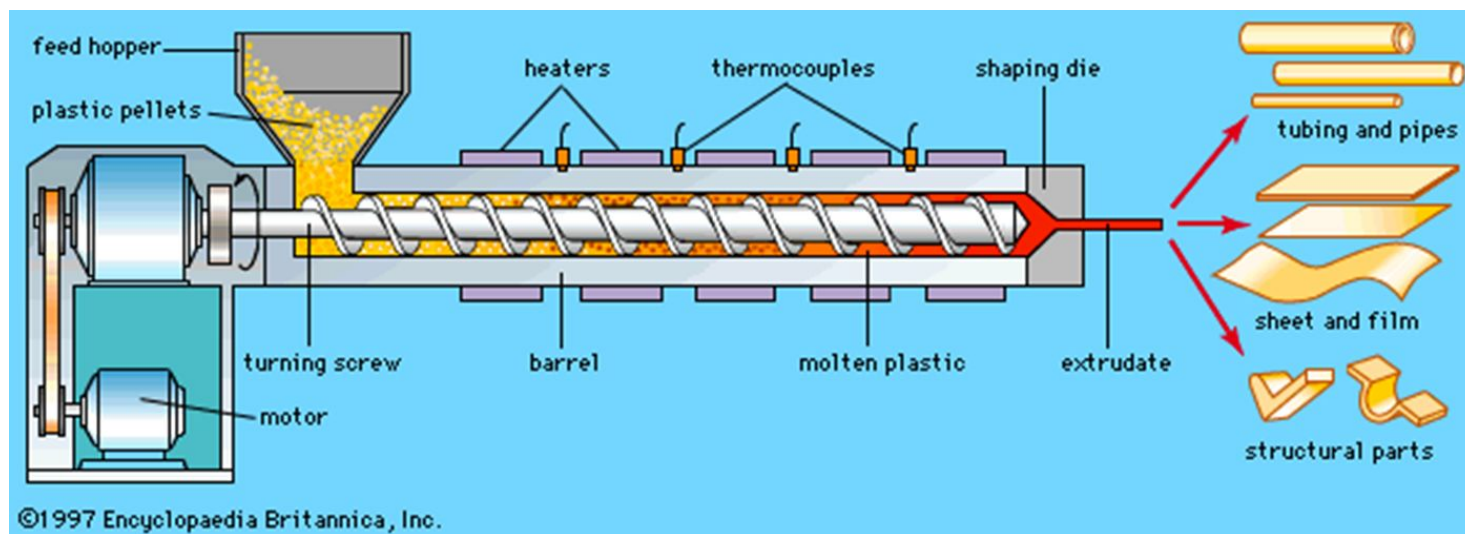
Экструдеры – назначение, устройство, принцип действия





Назначение

Экструдеры предназначены для приготовления композиционных материалов, разогрева или охлаждения смесей, выпуска полуфабрикатов и готовой продукции.



Экструдеры делятся на две группы

по конструктивно-технологическим признакам (т.е. по различию в конструкциях машин) и по конструктивными признаками (т.е. признакам условий эксплуатации).

Конструктивно-технологические признаки экструдеров

□ Диаметр червяка.

Определен следующий предпочтительный ряд диаметров червяков в мм: 20; 25; 32; 45; 63; 90; 125; 160; 200; 250; 320; 400.

□ Длина червяка.

Ее принято характеризовать отношением L / D , где D – диаметр червяка, L – длина части червяка, имеющей винтовую нарезку. Рекомендуются следующий ряд значений L/D для машин по обработке пластмасс 15, 20; 25; 30; 35; 40.

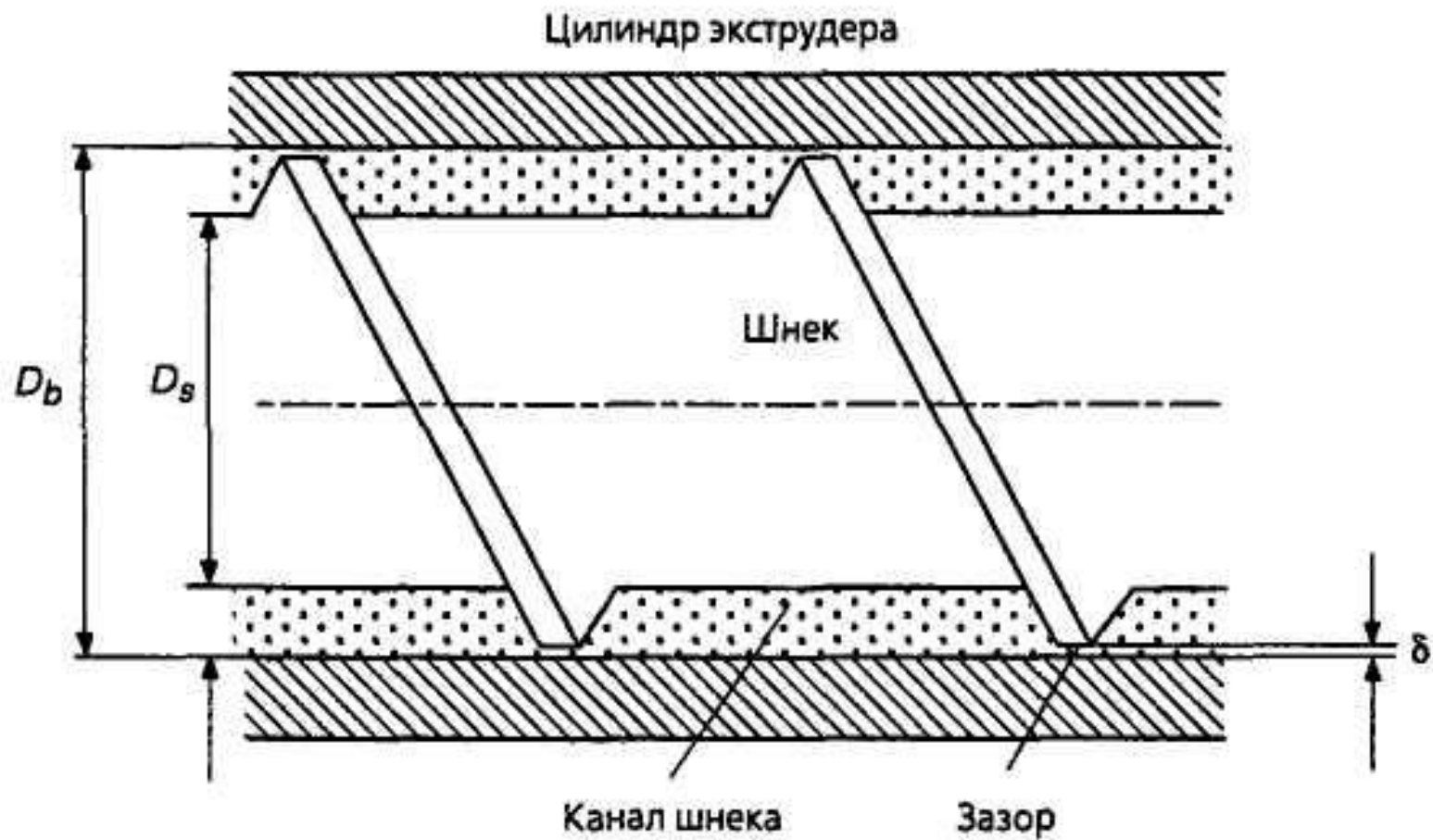
□ Число червяков в цилиндре машины.

По этому признаку машины делятся на одночервячные, двухчервячные и многочервячные.

□ Расположение цилиндра.

По расположению цилиндра машины делятся на горизонтальные, вертикальные с выходом материала вверх и вертикальные с выходом материала вниз.

Участок экструдера



Конструктивно-технологические признаки экструдеров

▣ Число комплектов «цилиндр – червяк».

По этому признаку машины делятся на одностадийные и двухстадийные.

▣ Характер движения червяка.

По этому признаку машины делятся на три группы:

первая группа – червяк имеет только вращательное движение;

вторая группа – червяк вращается и одновременно совершает возвратно-поступательное осциллирующее движение;

третья группа – червяк вращается и одновременно смещается в осевом направлении.

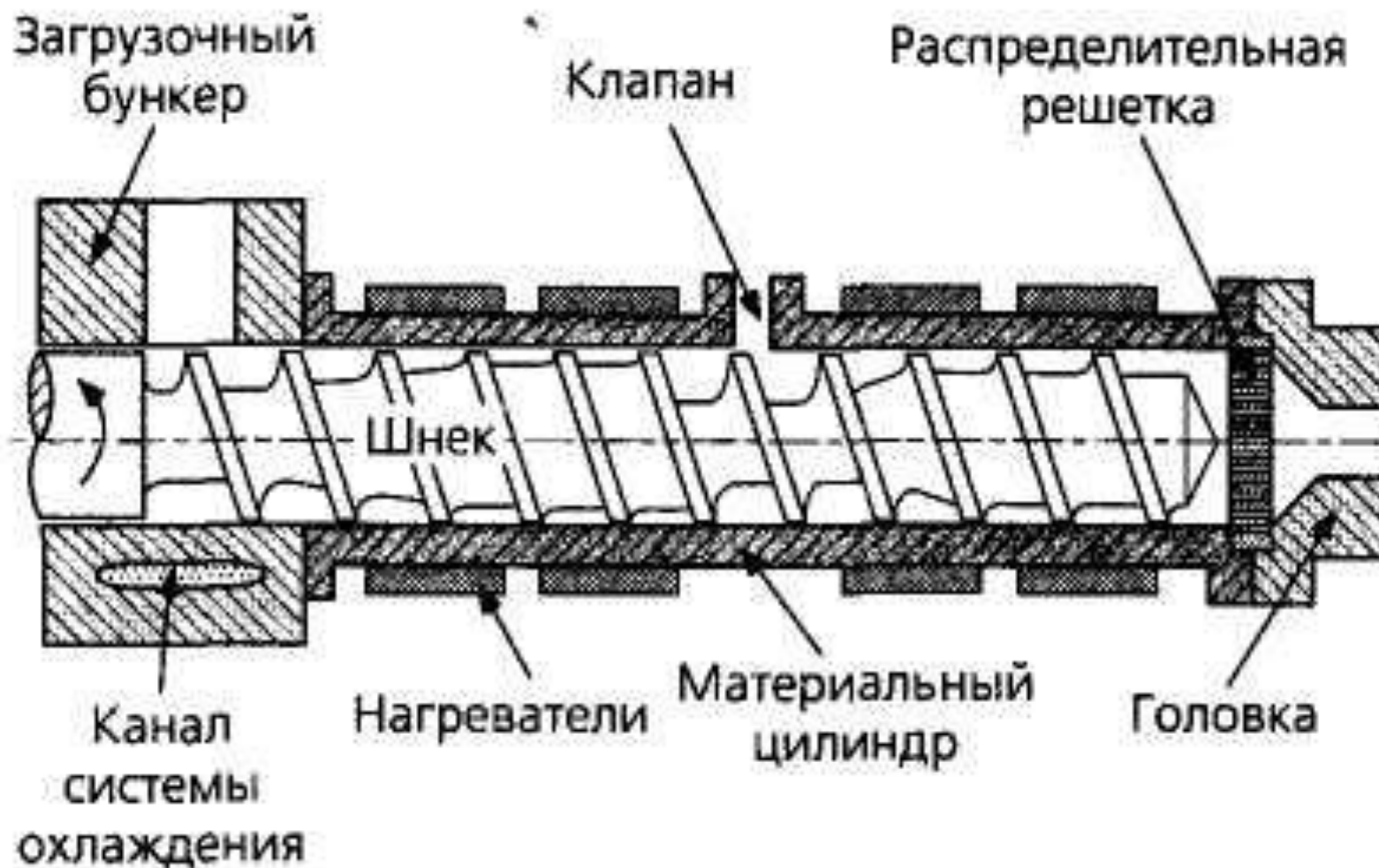
▣ Режим работы.

По этому признаку различают машины, работающие в непрерывном (стационарном) и в периодическом (циклическом) режимах.

Конструктивные признаки

- Удобство обслуживания при эксплуатации.
- Удобство монтажа и демонтажа узлов при ремонте.
- Способ регулирования и поддержания рабочей температуры цилиндра.
- По этому признаку могут быть выделены машины с паровым, электрическим (омическим и индукционным) или масляным обогревом, а также с водяным или воздушным охлаждением.

Общая схема экструдера



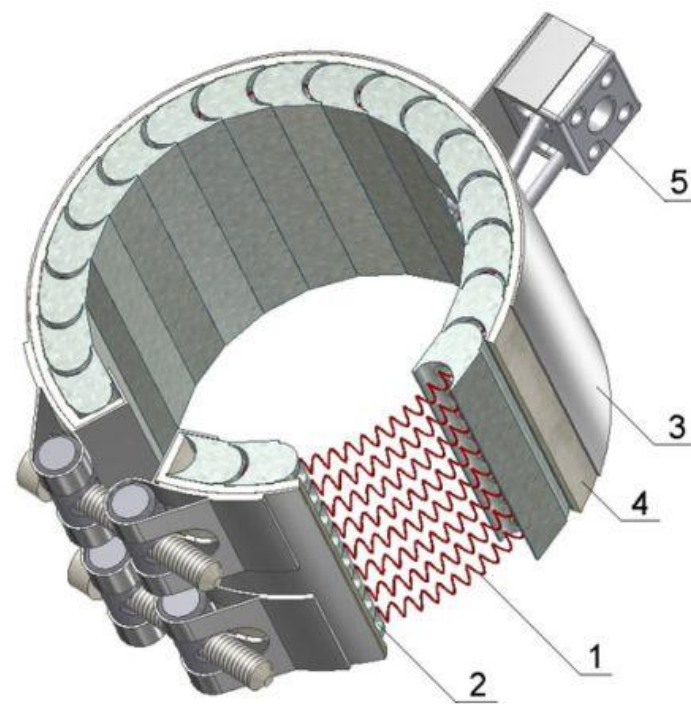
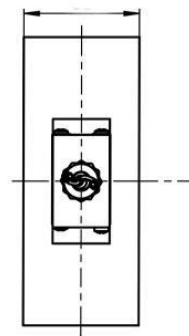
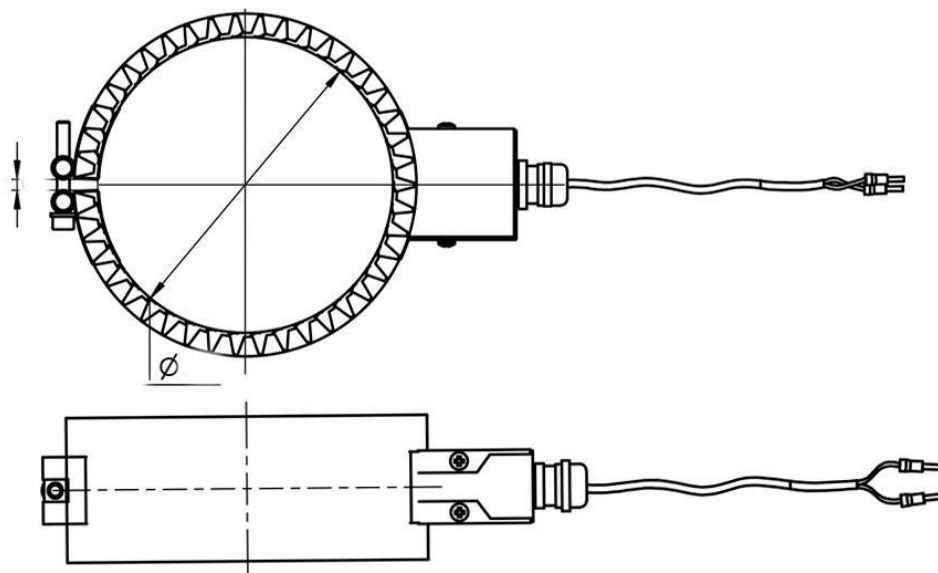
Обогрев цилиндра и профилированной головки

Высокопроизводительные нагреватели HS

для разнообразного применения



Обогрев цилиндра и профилирующей головки



Обогрев цилиндра и профилирующей головки



Схема воздушного охлаждения экструдера

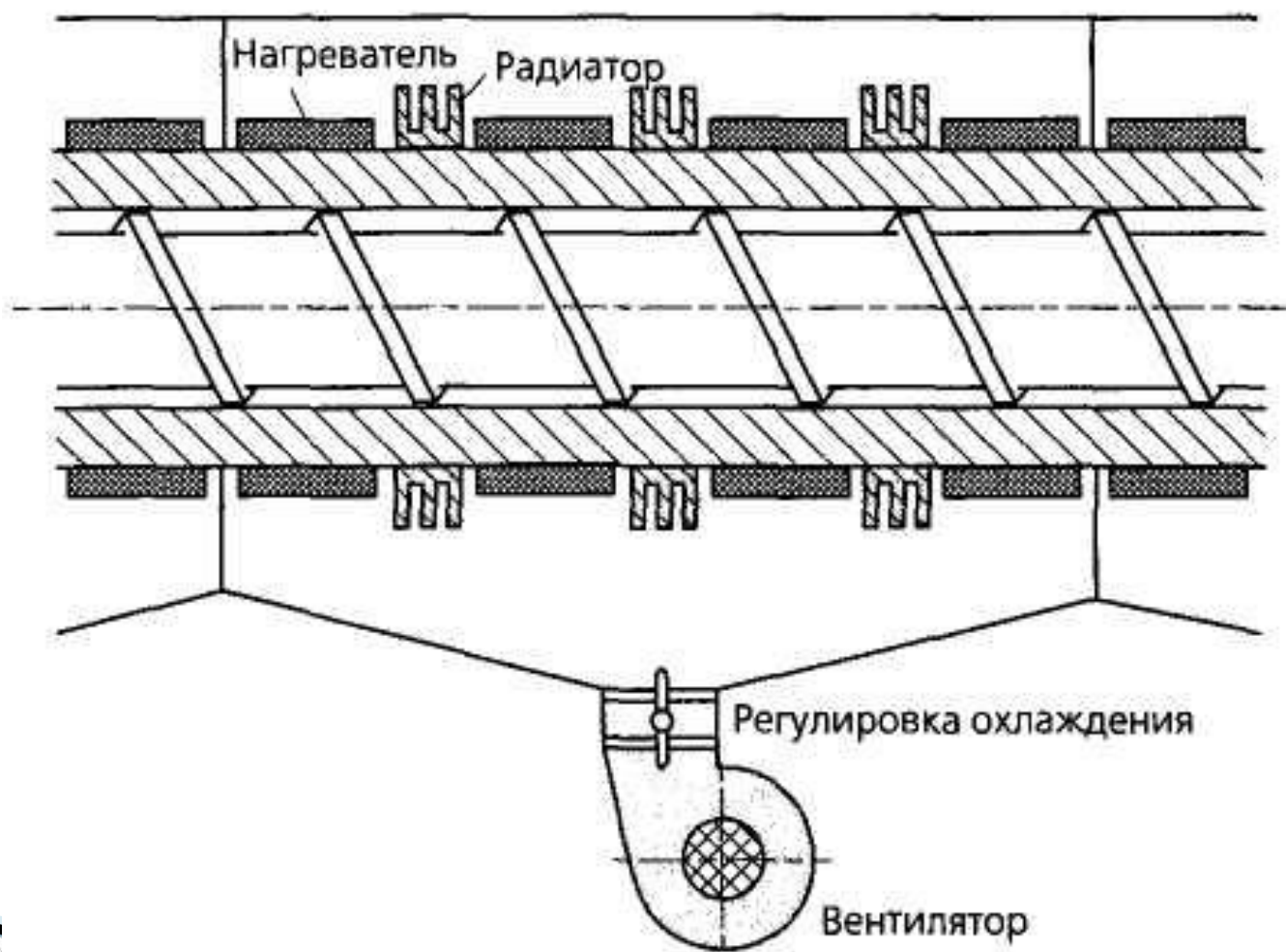
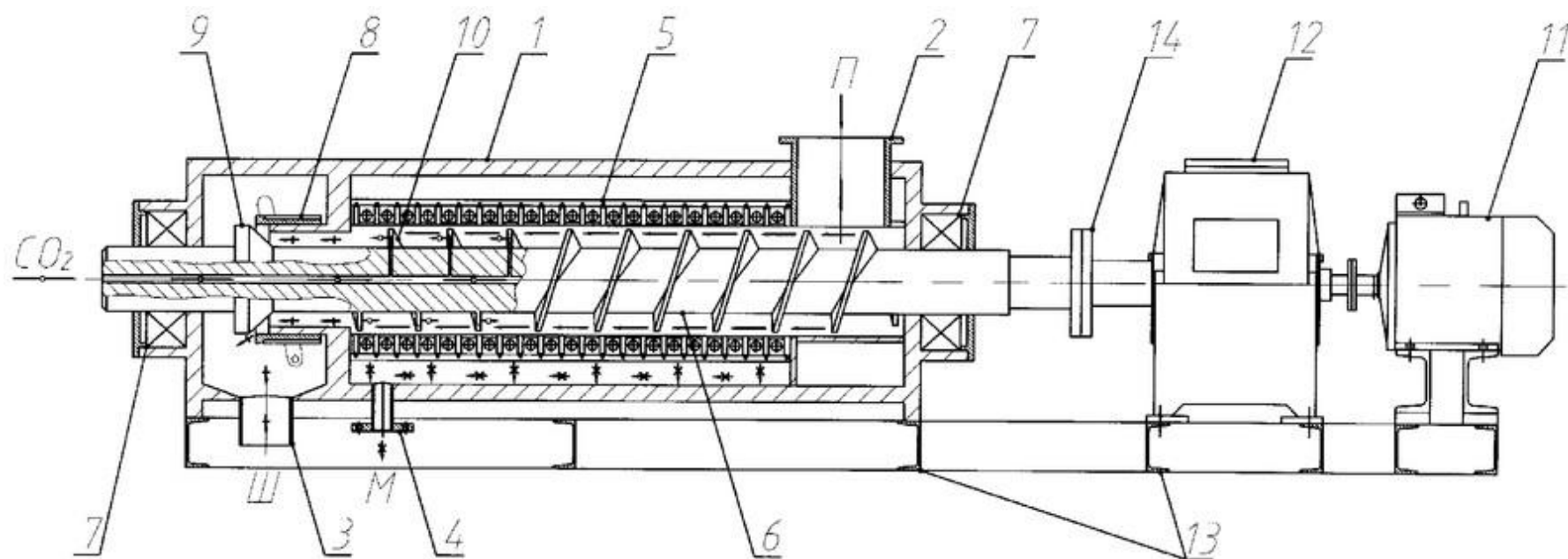


Схема жидкостного охлаждения (нагрева) экструдера



Конструкция загрузочного отверстия

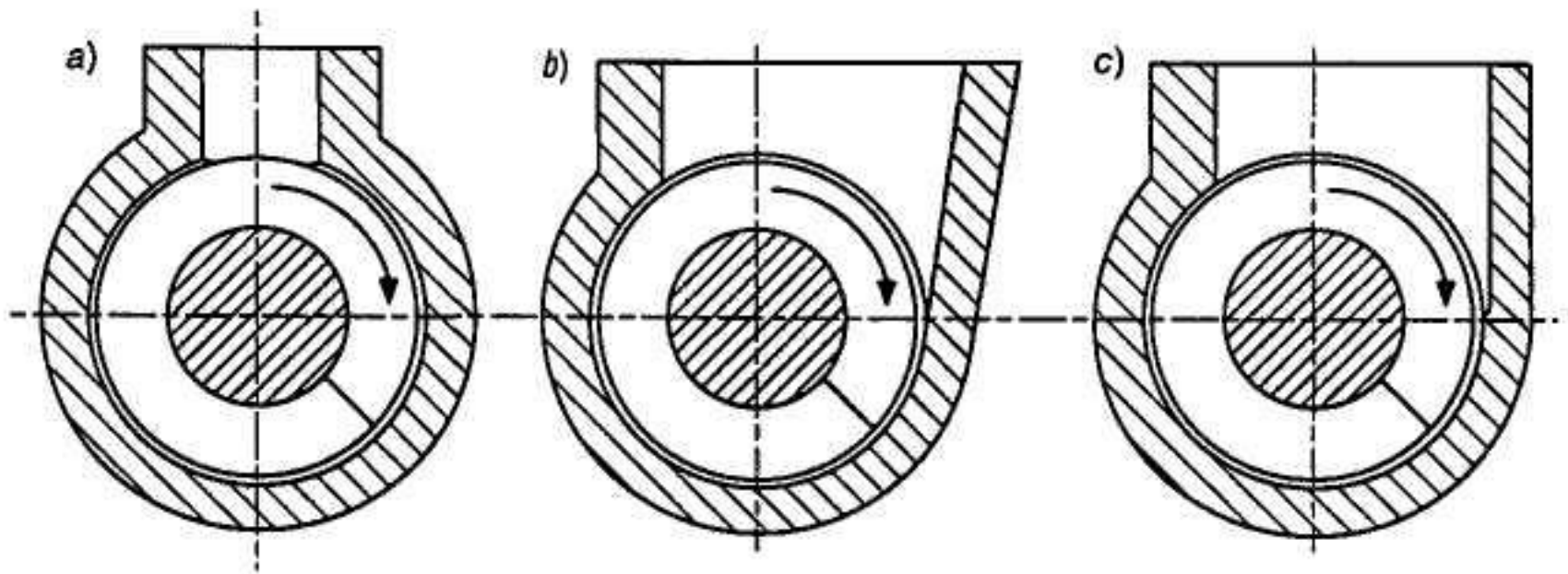
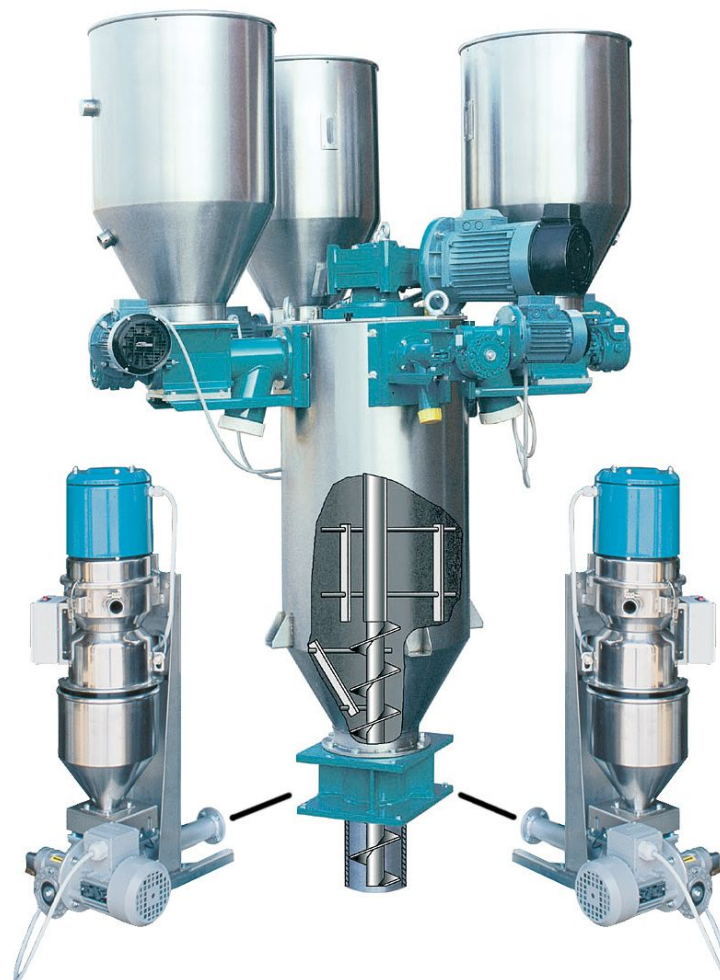
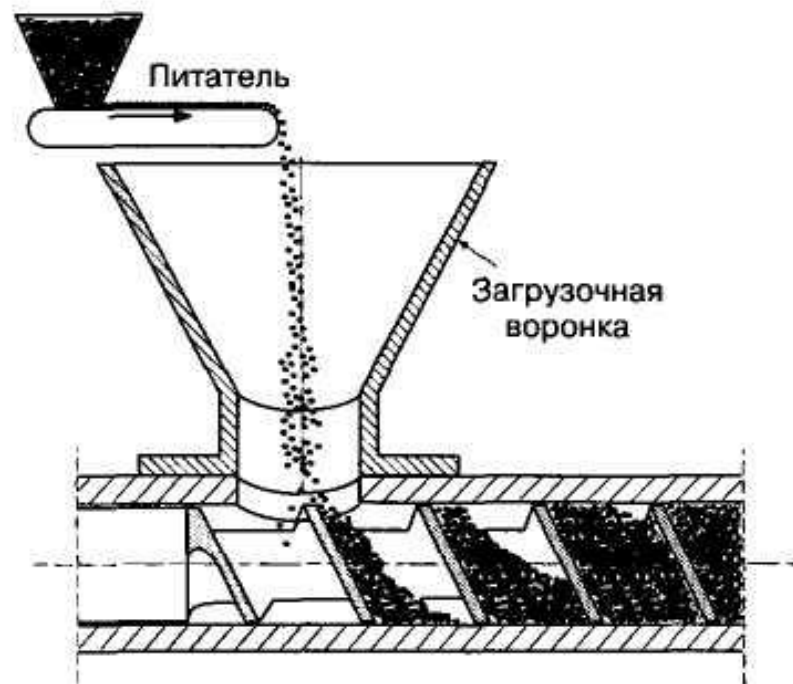
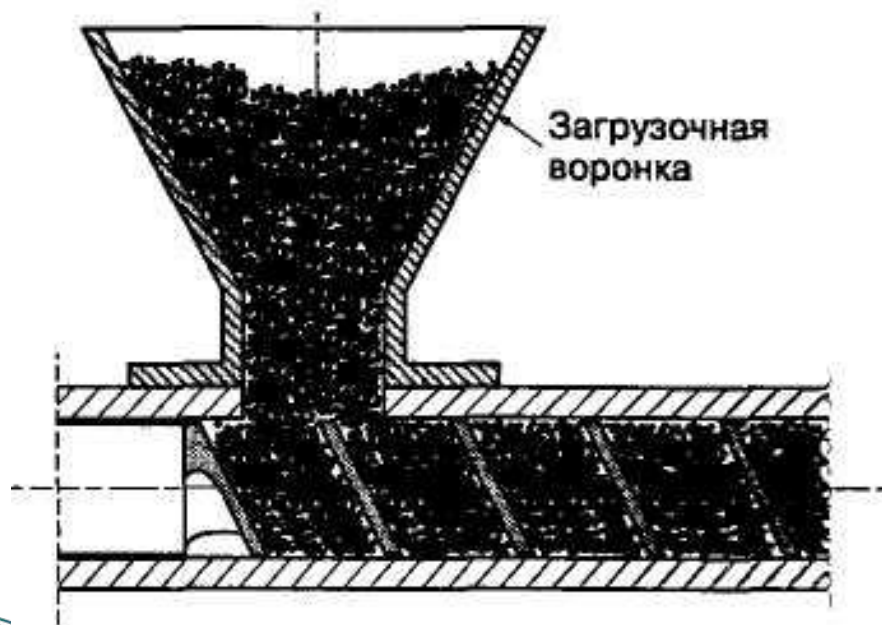


Схема подачи компонентов в экструдер



Сравнение ограниченной («голодной») загрузки и свободной засыпки в экструдер



Причины возникновения дефектов типа загрязнений и инородных включений и мероприятия по их предотвращению

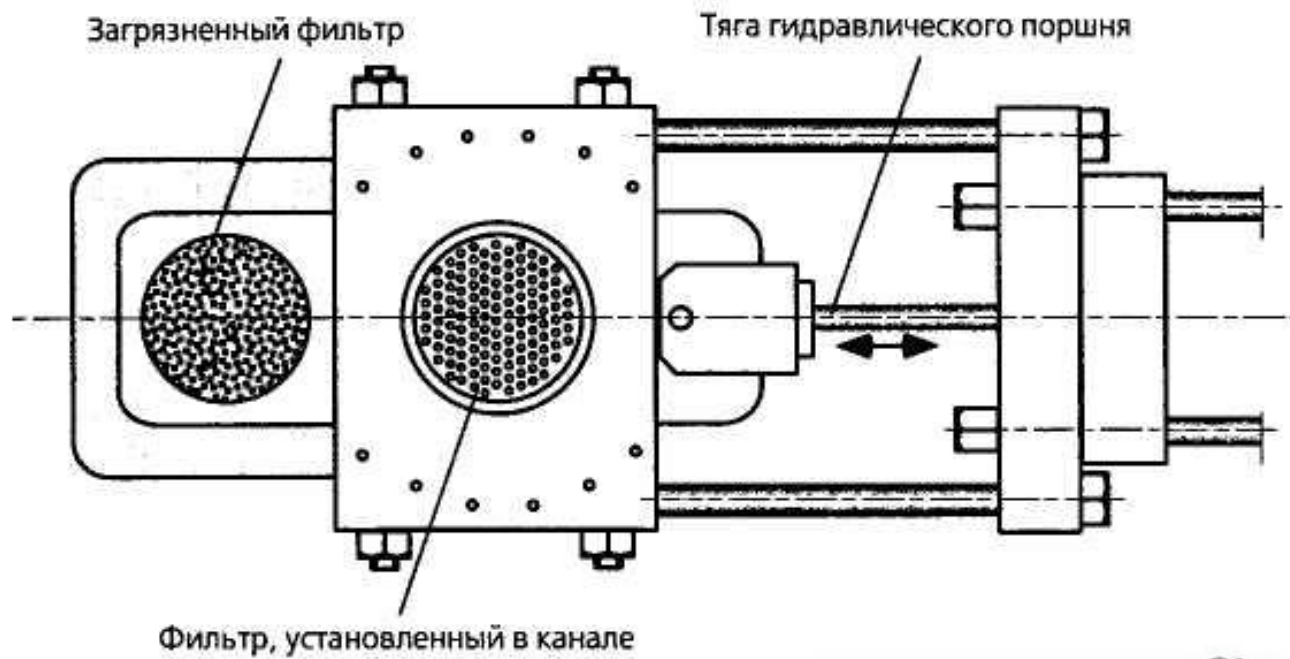
Признак дефекта	Возможная причина	Способ предотвращения
Поверхностные загрязнения		
Постоянное появление загрязнений в одном и том же месте изделия	Наличие на рабочем месте и в окружающей среде загрязнений и пыли	Принять меры к улучшению чистоты ТПА и рабочего помещения
Периодическое появление загрязнений	Расположение оборудования вблизи открытых дверей или окон	Изолировать ТПА с помощью местной или общей защиты от загрязнений, вызванных сквозняком или осыпанием с подъемно-транспортных устройств
	Наличие подъемно-транспортных устройств, перемещающихся над ТПА	
Внутренние загрязнения и инородные включения		
Дефекты исчезают при смене ПМ	Загрязнения в составе заменяемого ПМ	Обратить внимание поставщиков на качество ПМ
Волокнообразная форма включений, отличающихся по цвету от ПМ	Попадание в исходный ПМ нитей при растаривании мешков из тканых материалов	Проявлять повышенную аккуратность при растаривании подобных упаковок
Периодическое появление в изделиях продуктов разложения ПМ	Термическая деструкция остатков ПМ в материальном цилиндре ТПА	Провести очистку материального цилиндра с помощью ОМ
Появление дефектов и после применения ОМ	Наличие загрязнений в «мертвых» зонах загрузочного бункера	Очистить внутреннюю поверхность бункера сжатым воздухом и плотно закрыть крышку
	Трещина в шнеке или сопле материального цилиндра ТПА	Провести контроль шнека или сопла в целях обнаружения возможных трещин

Фильтрующие насадки

	Проволочная сетка с квадратной ячейкой	Проволочная сетка «голландская пряжа»	Спекшийся порошок	Хаотичные нити
Захват геля	Плохо	Нормально	Хорошо	Очень хорошо
Очистка от примесей	Нормально	Хорошо	Нормально	Очень хорошо
Проницаемость	Очень хорошо	Плохо	Нормально	Хорошо



Устройство для замены фильтров со скользящими пластинами



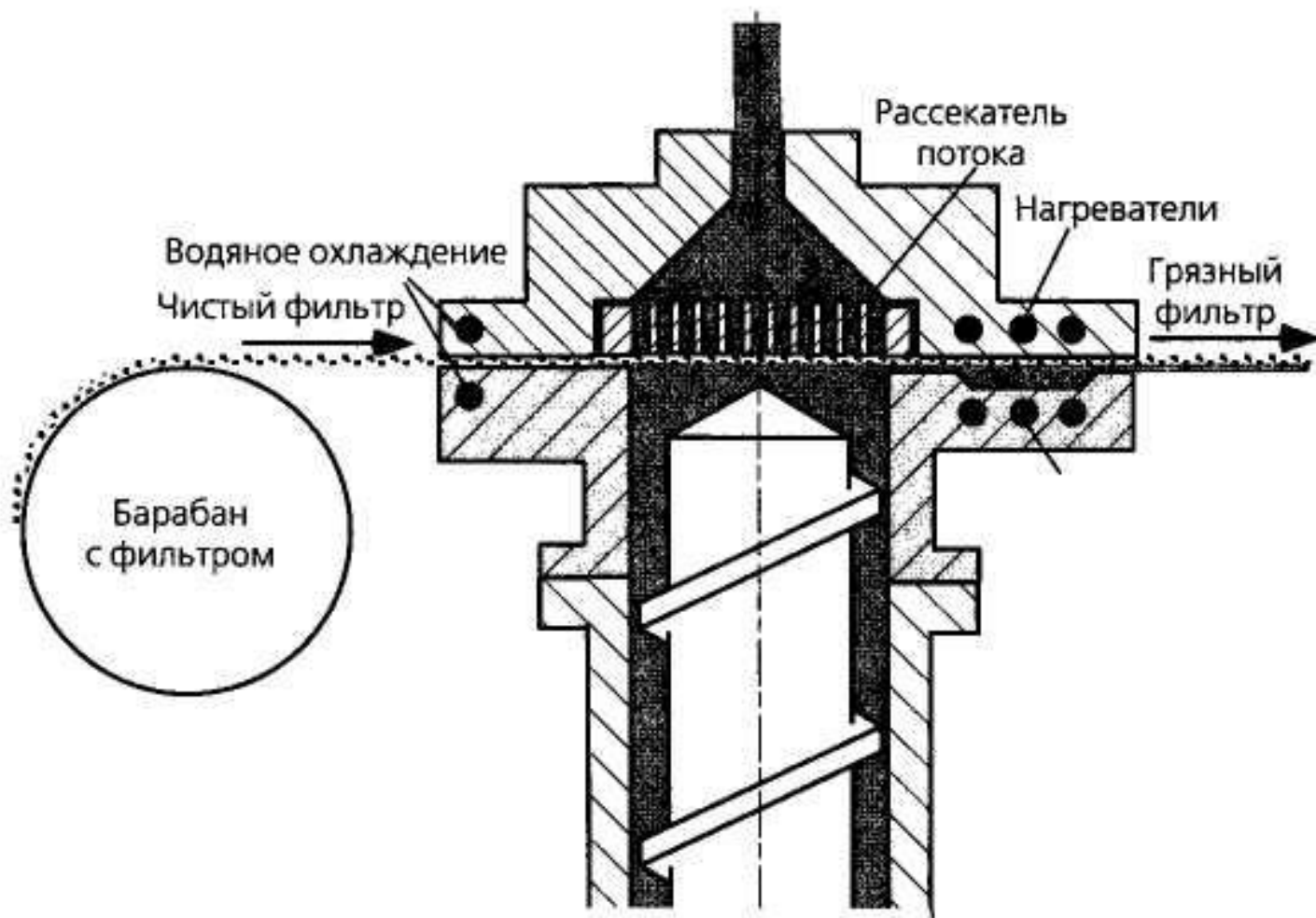
Устройство для замены фильтров со скользящими пластинами



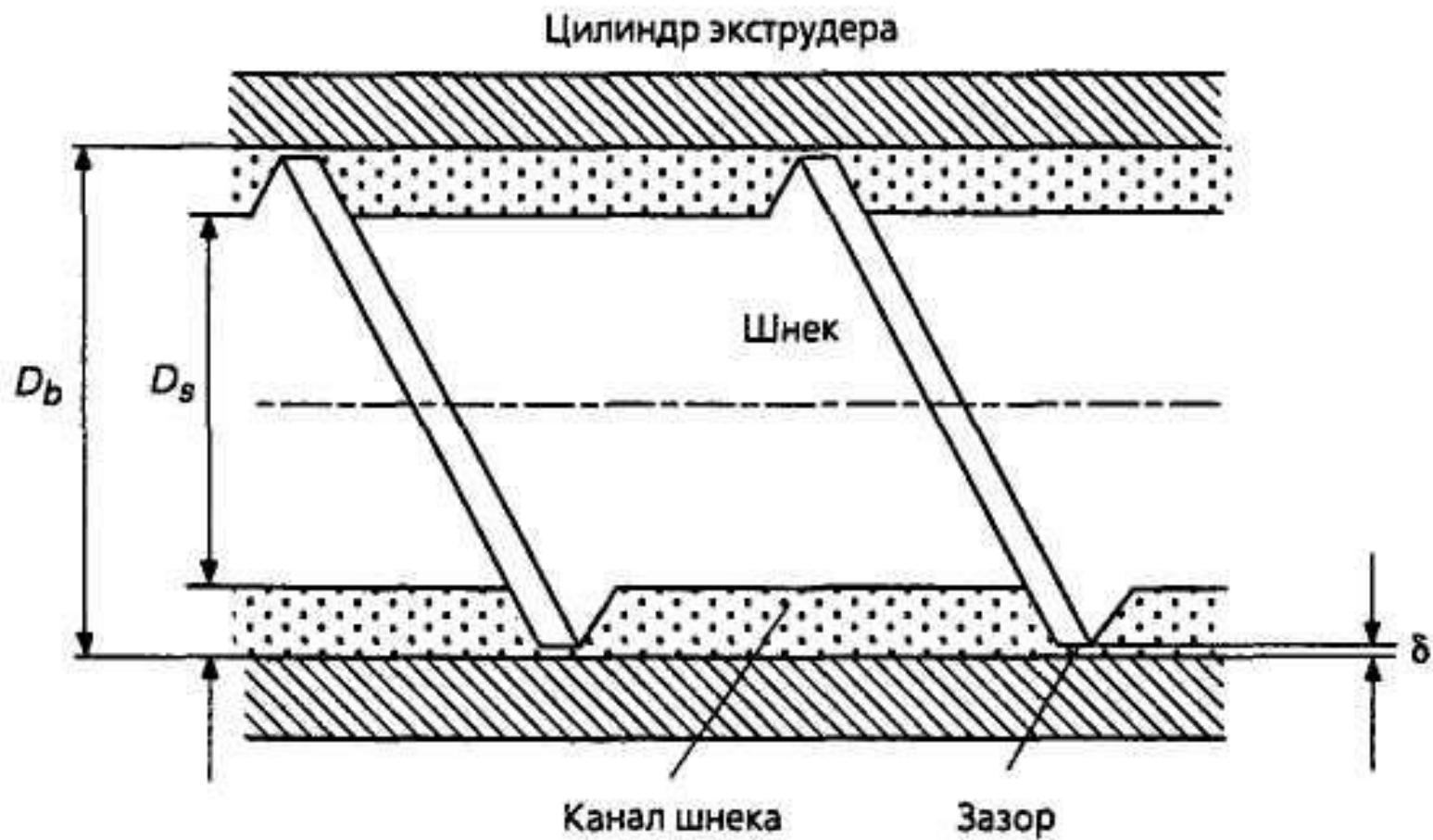
**Внешний вид сетчатого фильтра
экструзионной установки после 30 мин
работы на вторичном загрязненном ПЭ**



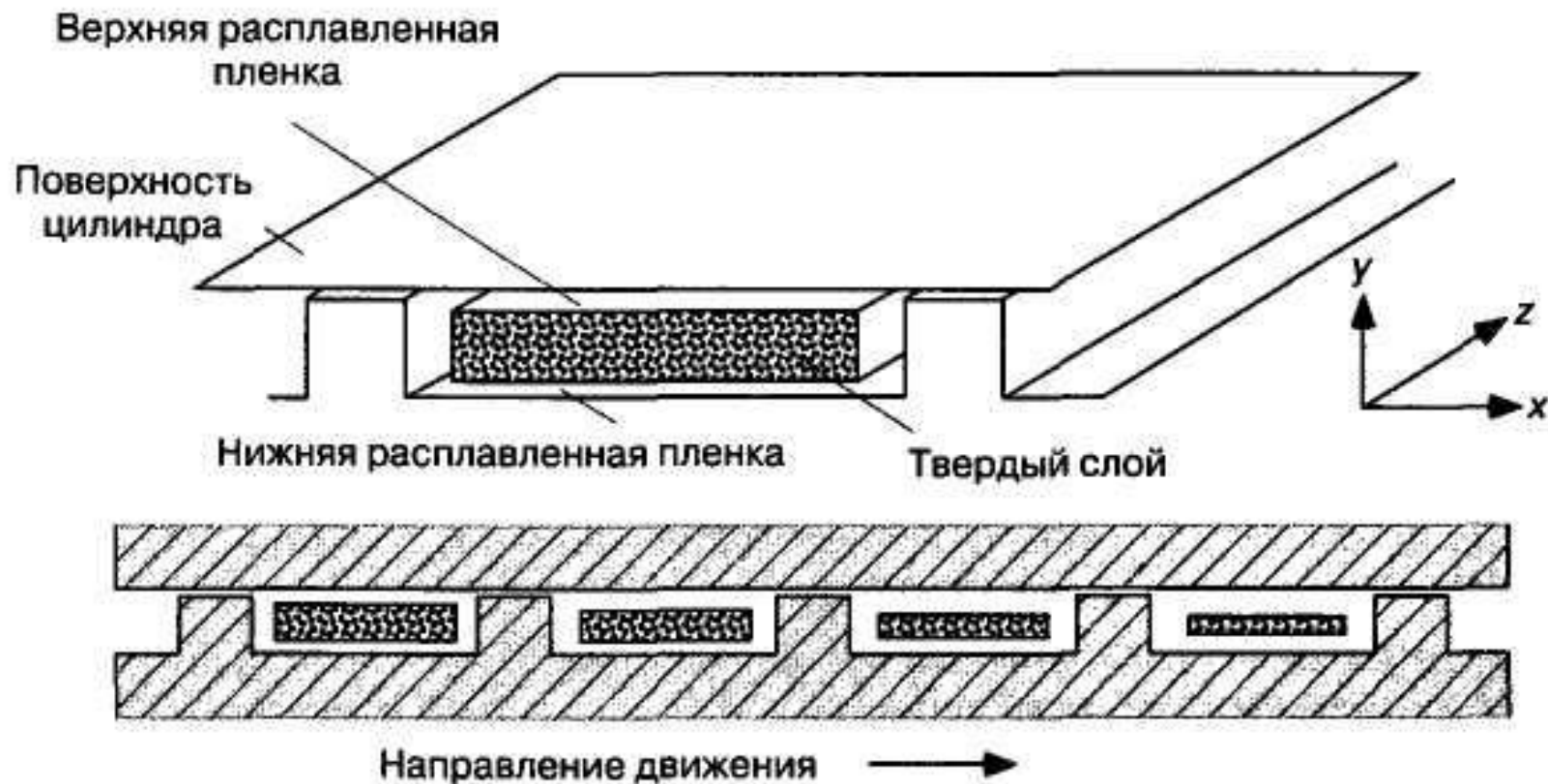
Автофильтрующая система (автофильтр)



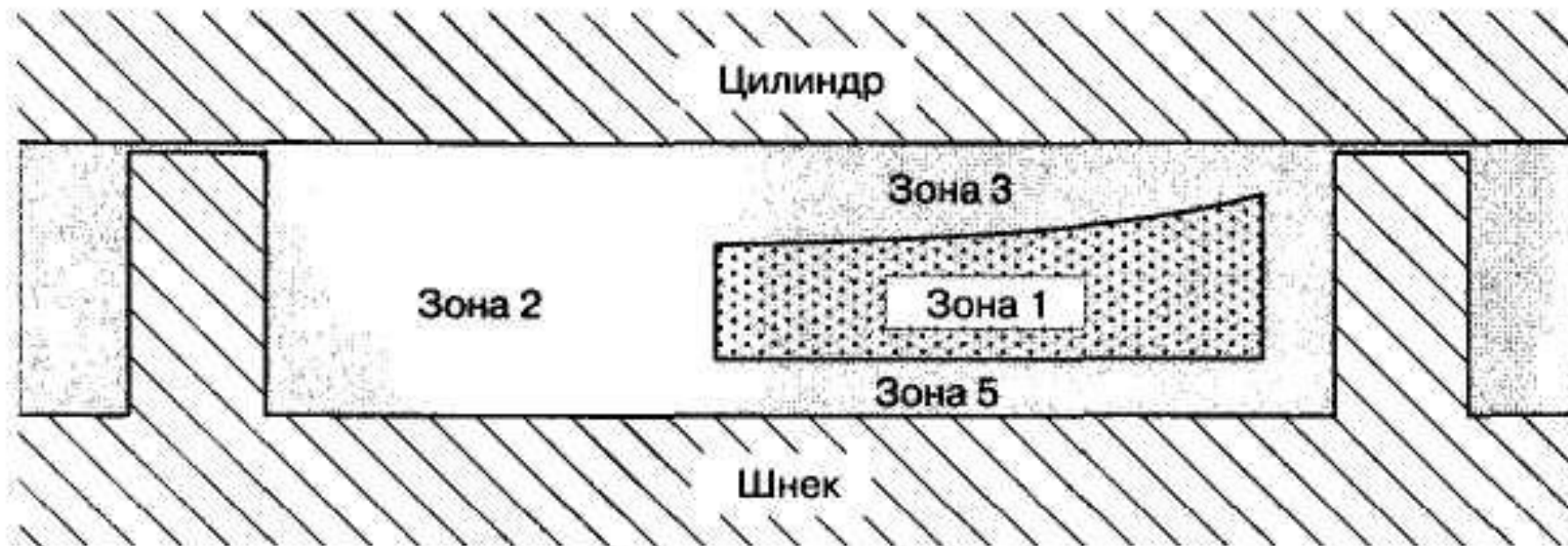
Участок экструдера



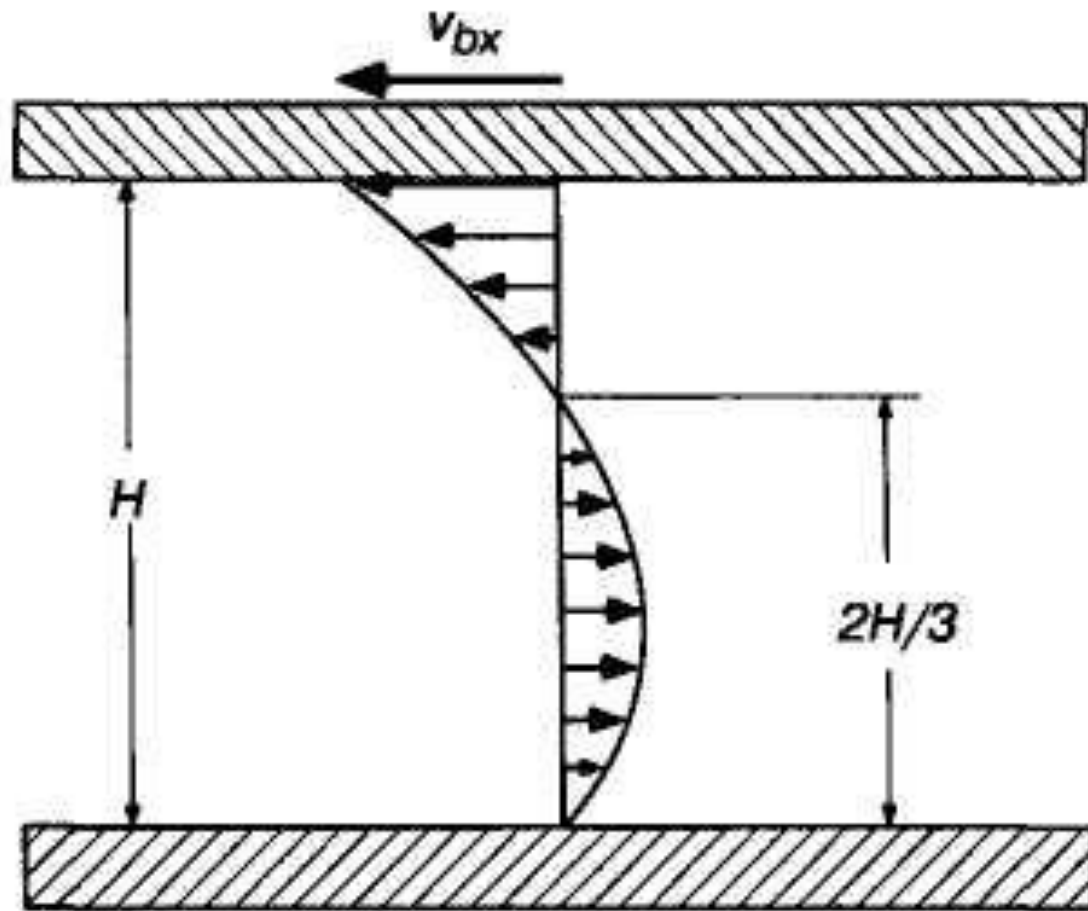
Модель поведения полимерного материала при плавлении в экструдере



Модель плавления в канале шнека



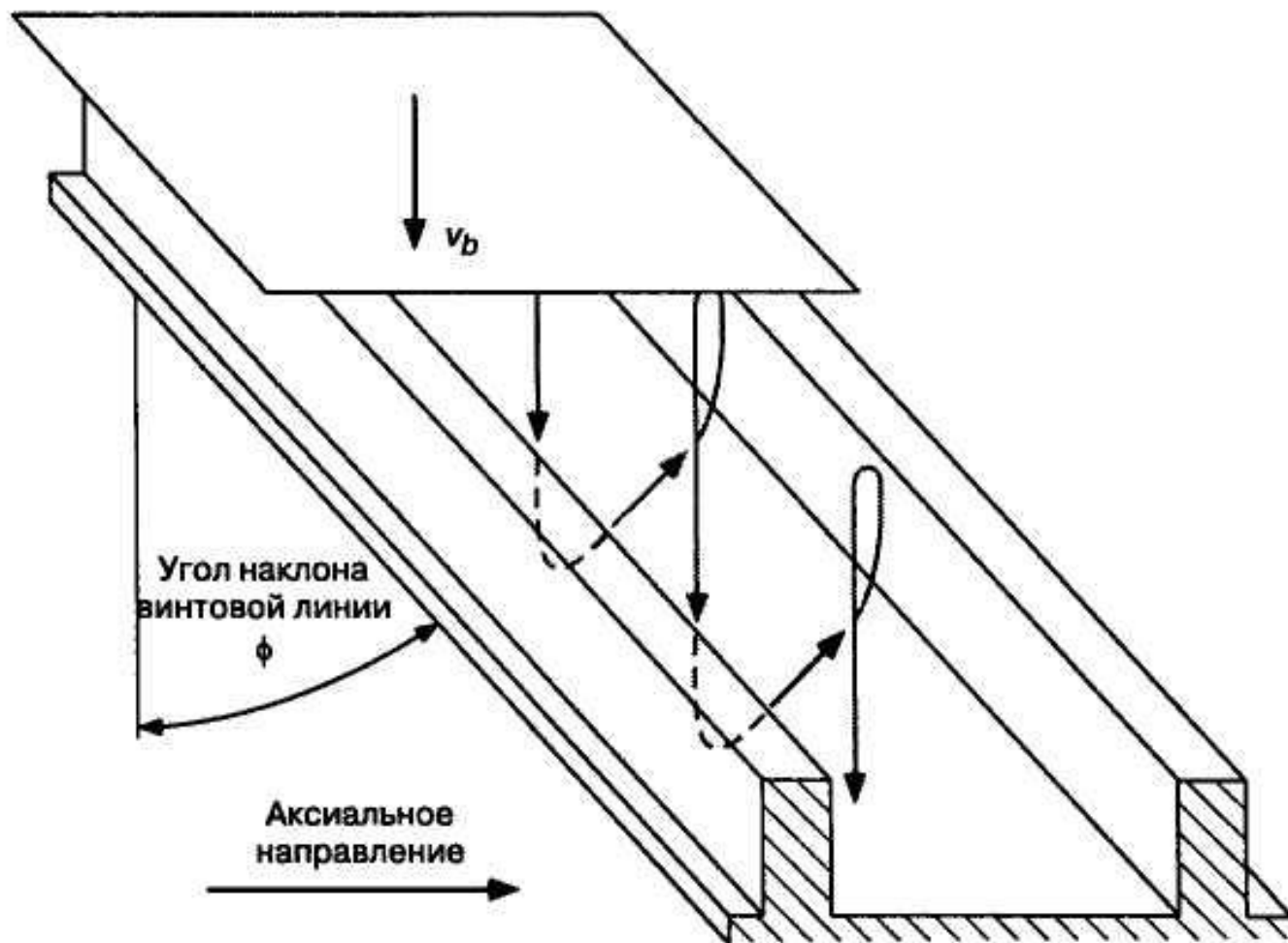
Профиль скоростей в поперечном направлении канала



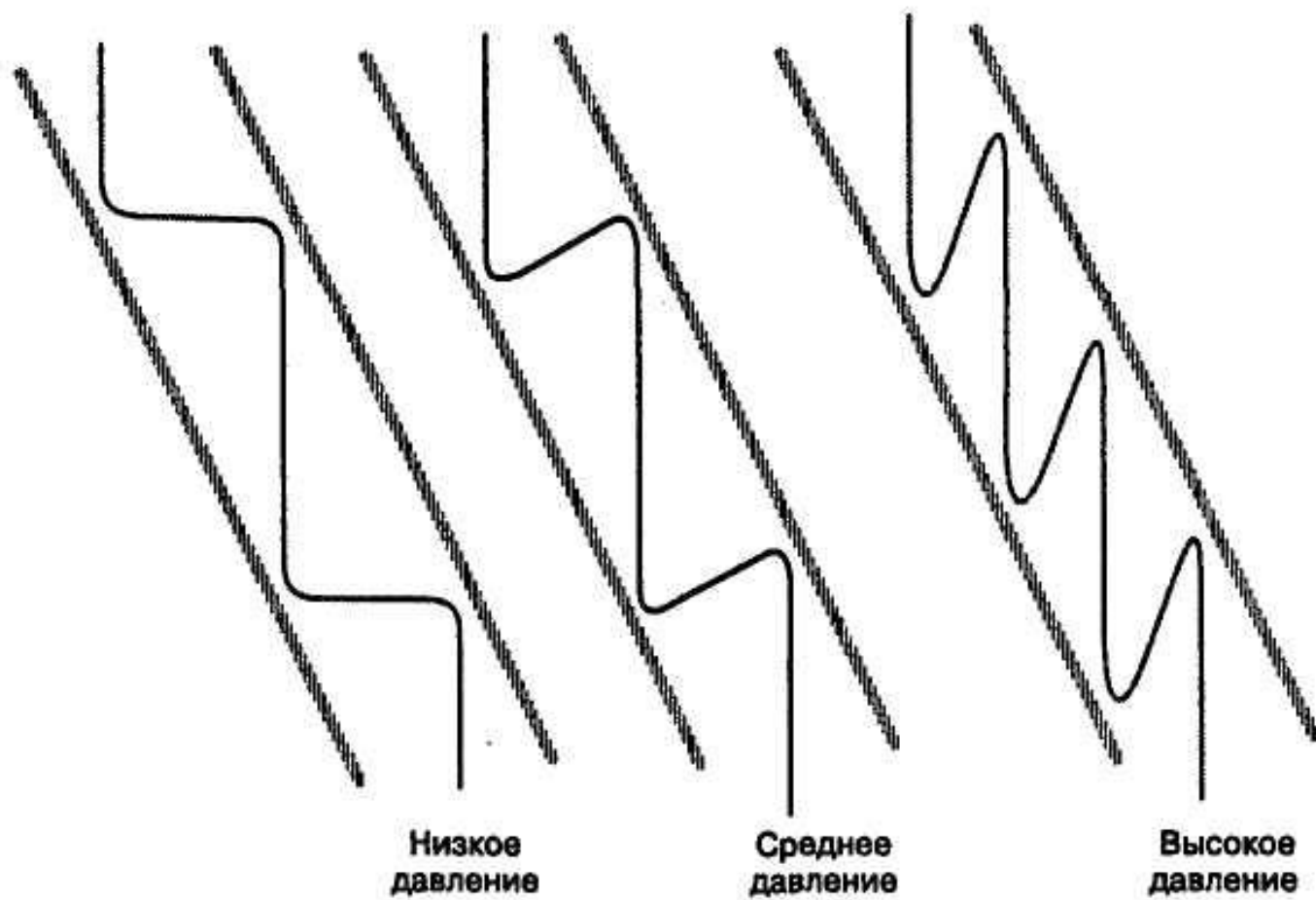
Модель поперечного течения в канале



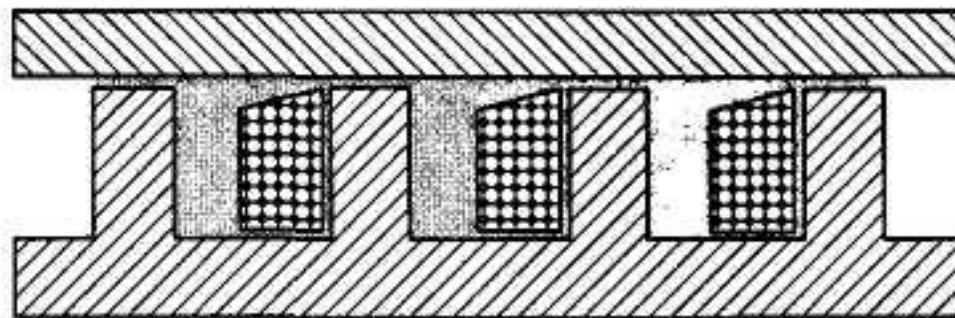
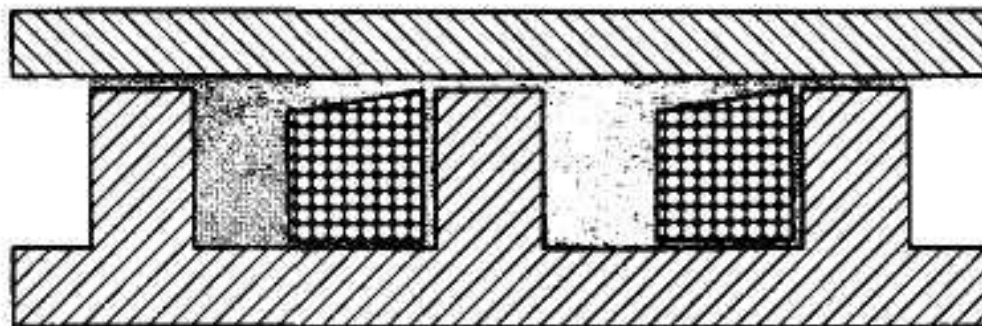
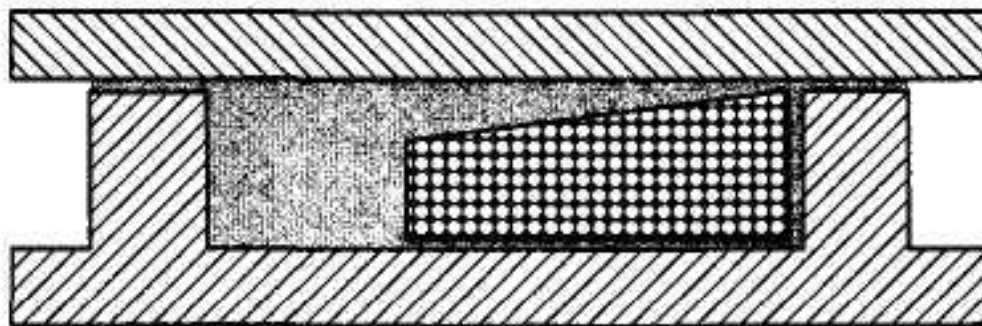
Движение жидкости в зоне течения расплава



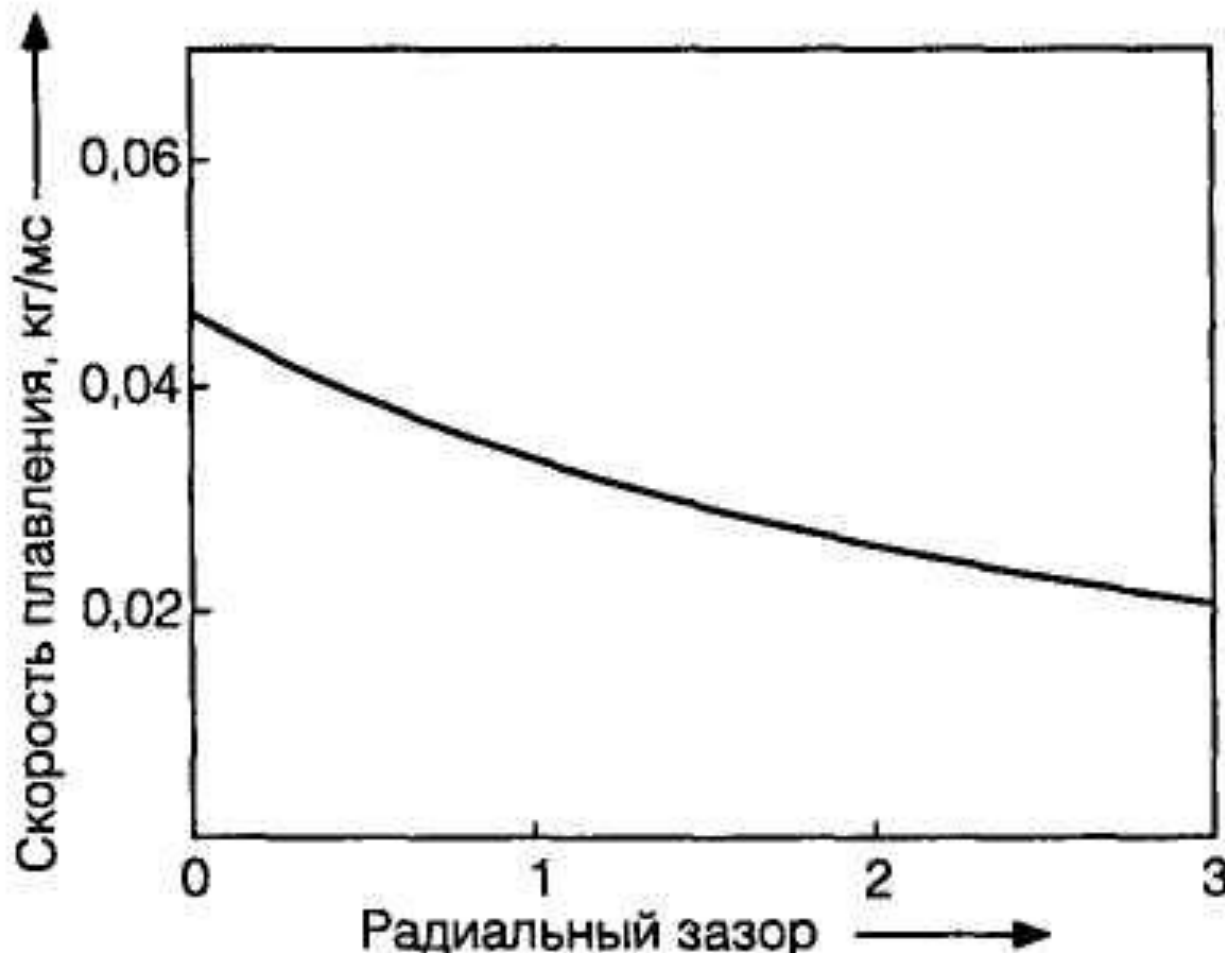
Движение жидкости в зоне течения расплава



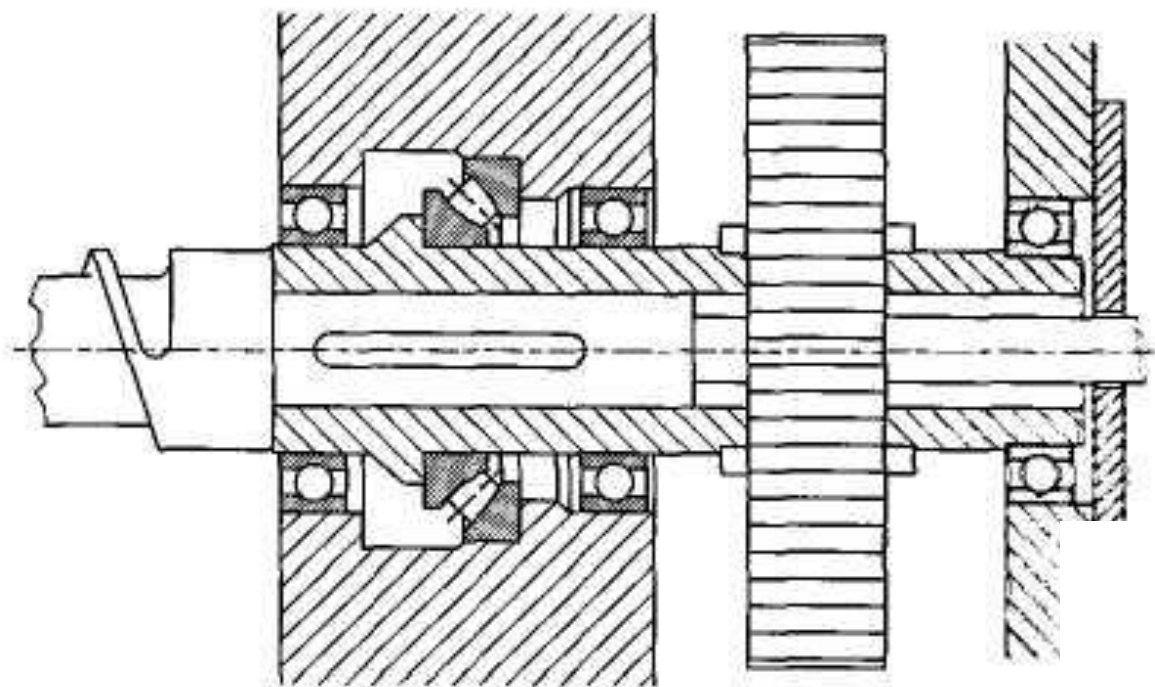
Модель плавления в канале шнеков разной заходности



Влияние зазора между шнеком и цилиндром на основную скорость плавления полимеров



Конструкция узла, воспринимающего осевое давление в одношнековом экструдере

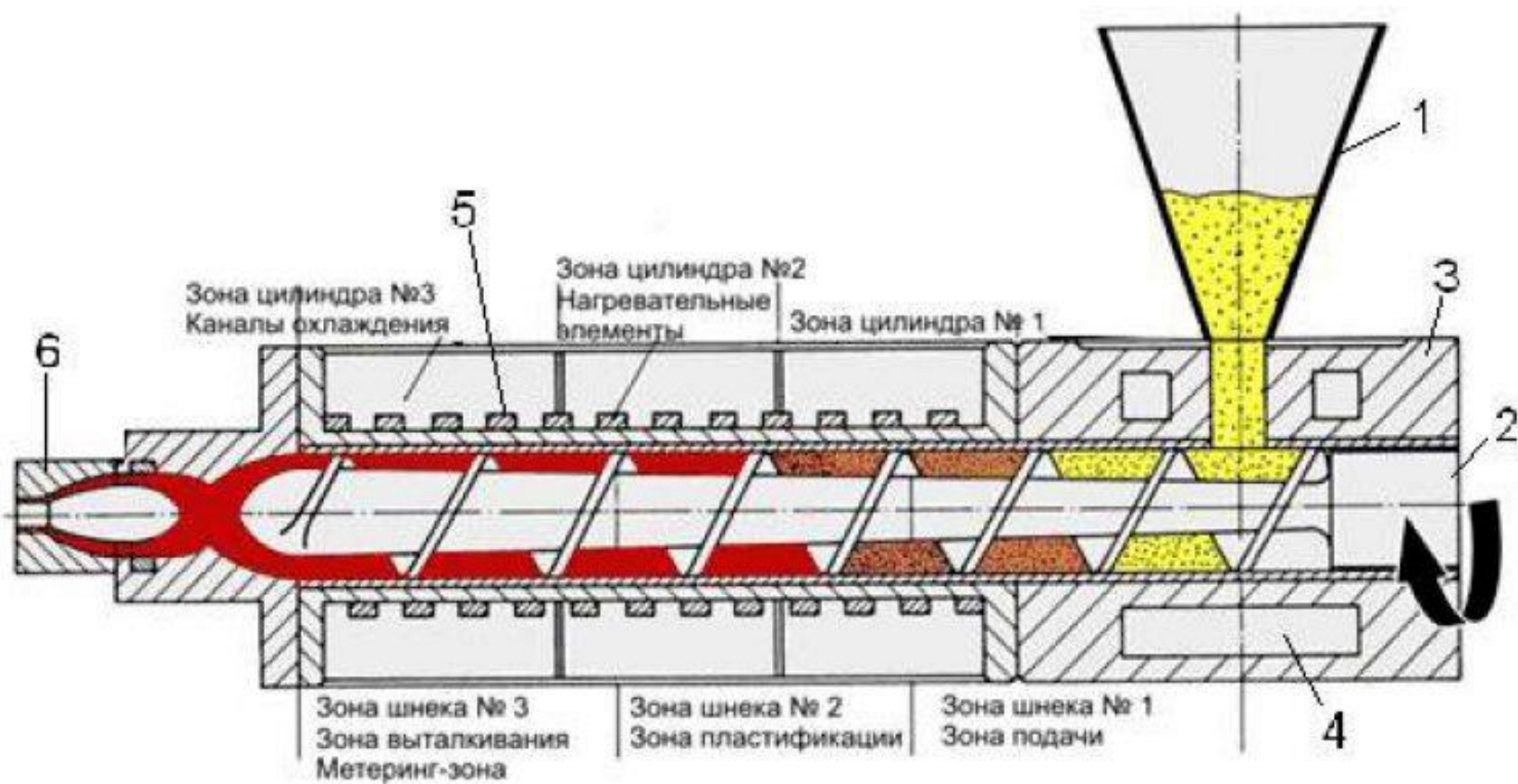


Шнеки



Основные характеристики шнеков:

- полная длина $20-30D$
- длина зоны питания $4-8D$;
- длина зоны дозирования $6-10D$;
- число заходов нарезки 1;
- шаг нарезки $1D$ (угол наклона $17,66^\circ$);
- ширина лопасти $0,1D$;
- глубина канала в зоне питания $0,15-0,20D$
- соотношение глубин каналов 2-4.

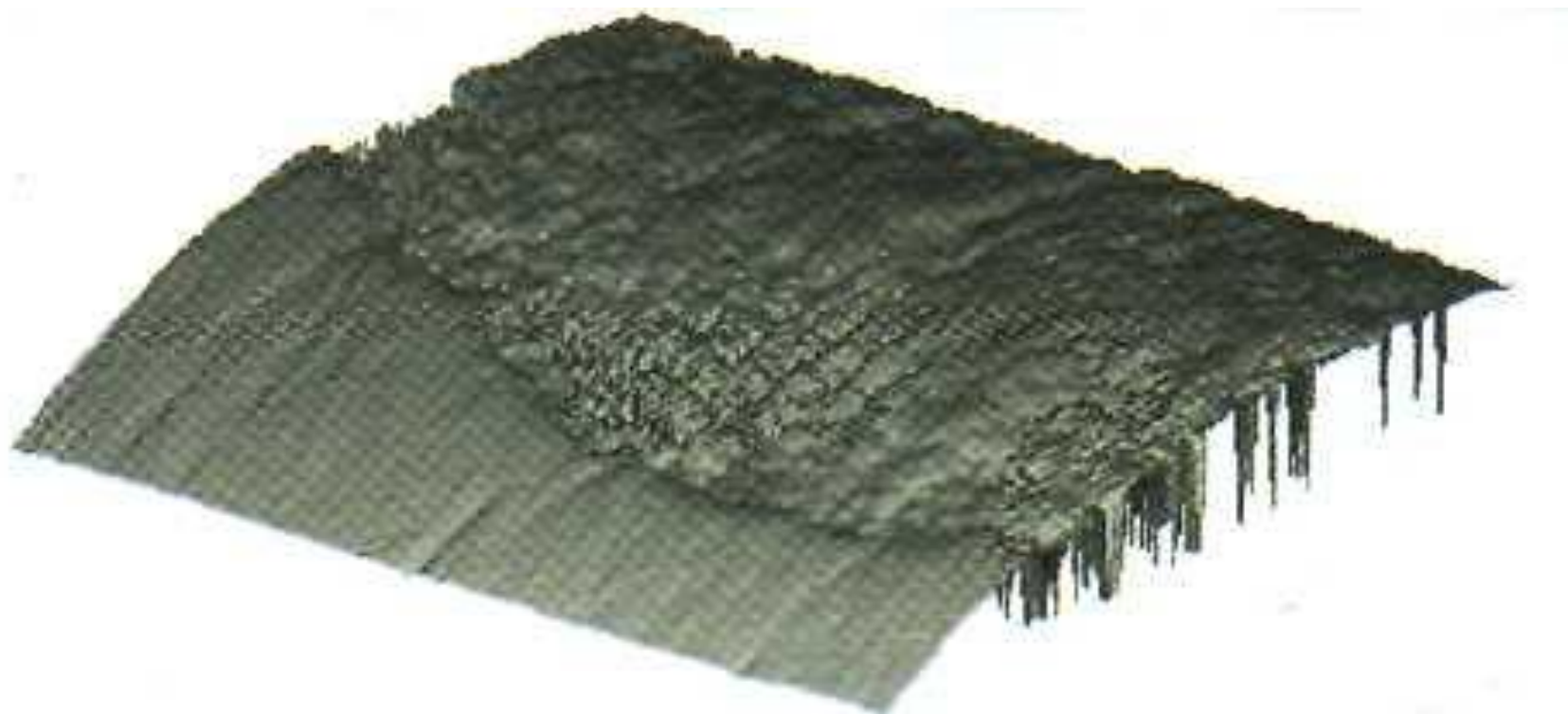


Рекомендации по выбору конструкции и материалов основных деталей

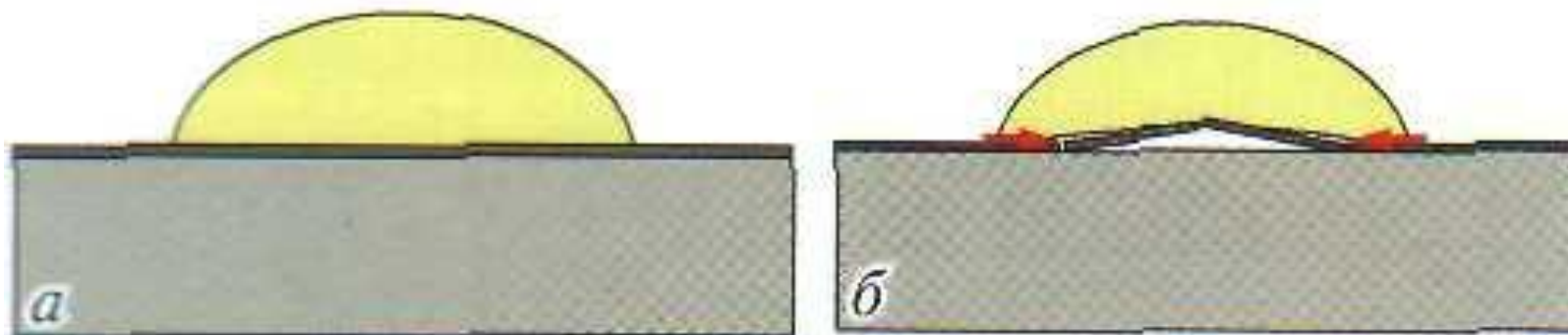
Полимерный материал		Геометрия шнека	Материал шнека	Шнековые обратные клапаны	Материальный цилиндр
Тип	Характеристика				
I	Ненаполненный ПМ	Стандартная	Высокопрочная, высоколегированная или бронированная азотированная сталь, стойкая к коррозии	Стандартные	Азотированный
	Малонаполненный ПМ (до 30%) и слабо вызывающий коррозию	Стандартная	То же	Стандартные из порошковых металлов	Биметаллический
	Высоконаполненный ПМ (более 30%) и вызывающий коррозию	Стандартная	Порошковый металл высоколегированный	Из порошкового высоколегированного металла	Биметаллический
II	Жидкокристаллический полиэфир (ЖКП)	Специальная геометрия для ЖКП	Порошковый металл	Стандартные	Азотированный или биметаллический
	Термореактивный ПМ	Специальная геометрия для реактопластов	Высокопрочный металл, азотированный ионизированным азотом	Отсутствуют	Биметаллический
	Жидкие силикон или каучук	Специальная геометрия для жидких силикона или каучука	Высокопрочный, высоколегированный металл	Наконечник для жидких силикона или каучука	Биметаллический
	ПВХ	Специальная геометрия для ПВХ	Хромированный	Наконечник для ПВХ	Биметаллический
	ПМ, чувствительные к механодеструкции	Шнек с низкой степенью сжатия	Высокопрочная, высоколегированная или бронированная сталь	Стандартные	Азотированный или биметаллический
III	ПМ для прозрачных литьевых деталей	Стандартный	С покрытием, например, из азотированного титана	Стандартные или с покрытием	Азотированный или биметаллический
	ПМ для высокопроизводительного литья с концентратом красителя	Высокоэффективный или барьерный шнек с $L/D = 25$	Бронированная азотированная сталь	Стандартные или с шаровым клапаном	Биметаллический
	ПМ, окрашенный концентратом	Смешивающий шнек с $L/D = 20$	Высокопрочная, высоколегированная или бронированная сталь	Стандартные	Азотированный или биметаллический

Примечание: I - ПМ общего и технического назначения; II - ПМ специального назначения; III - ПМ с особыми требованиями.

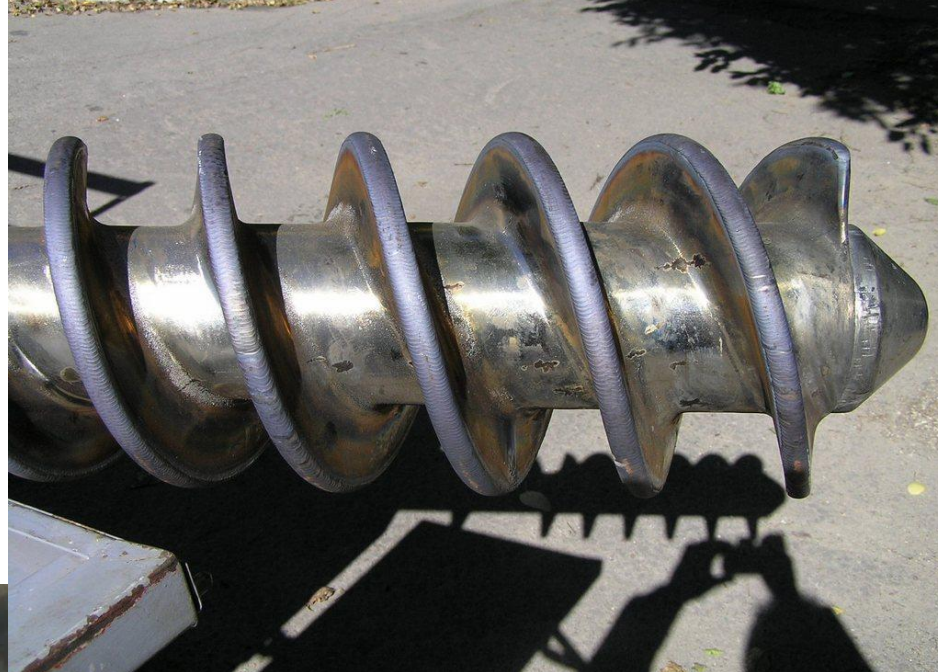
Коррозия шнека и материального цилиндра



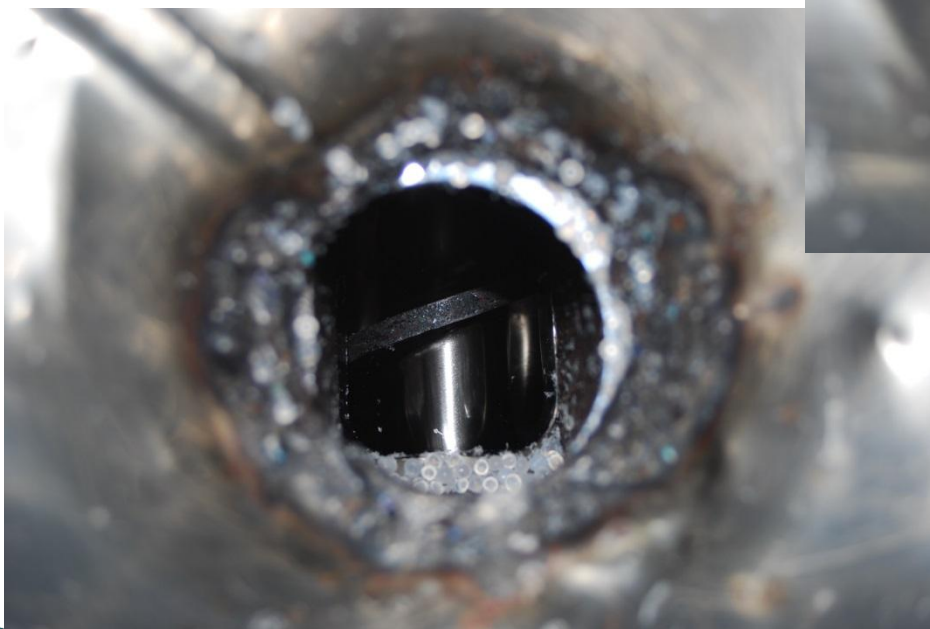
Коррозия шнека и материального цилиндра



Износ шнека



Износ шнека



Шнек и материальный цилиндр экструдера



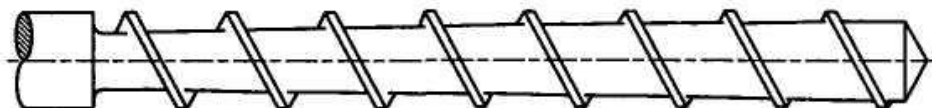
Типы шнеков



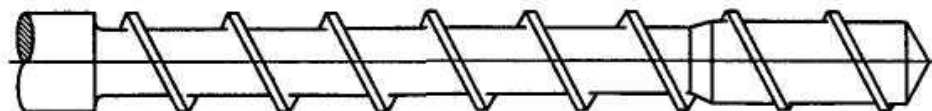
Шнек с переменным увеличивающимся шагом нарезки



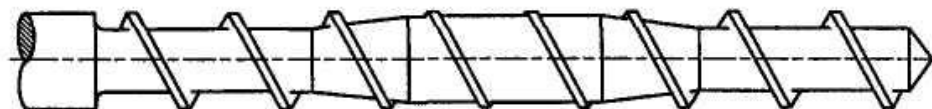
Шнек с переменным уменьшающимся шагом нарезки



Шнек без зон дозирования и питания



Шнек с резким сжатием



Декомпрессионный шнек

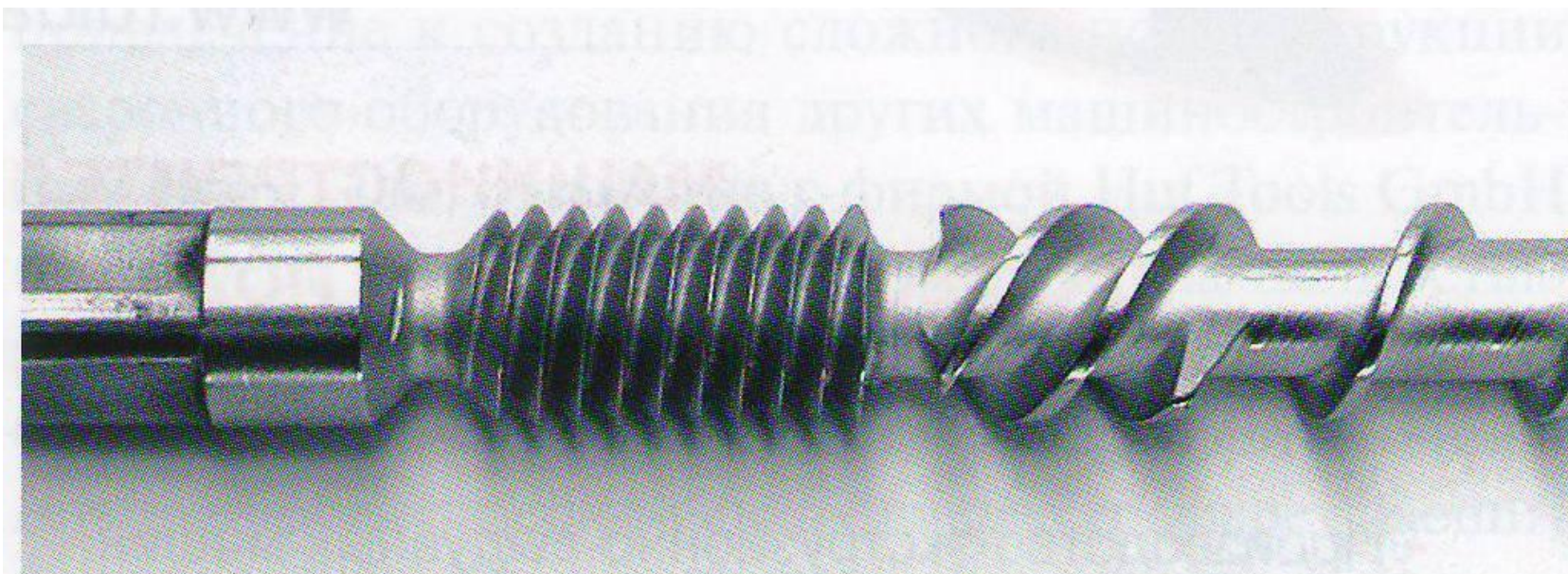
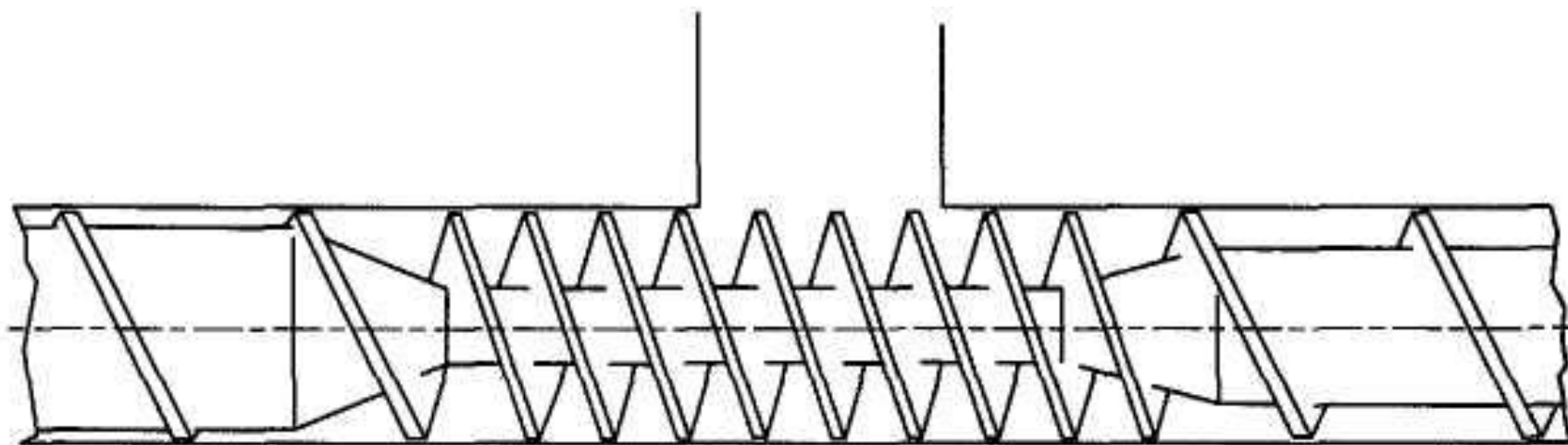


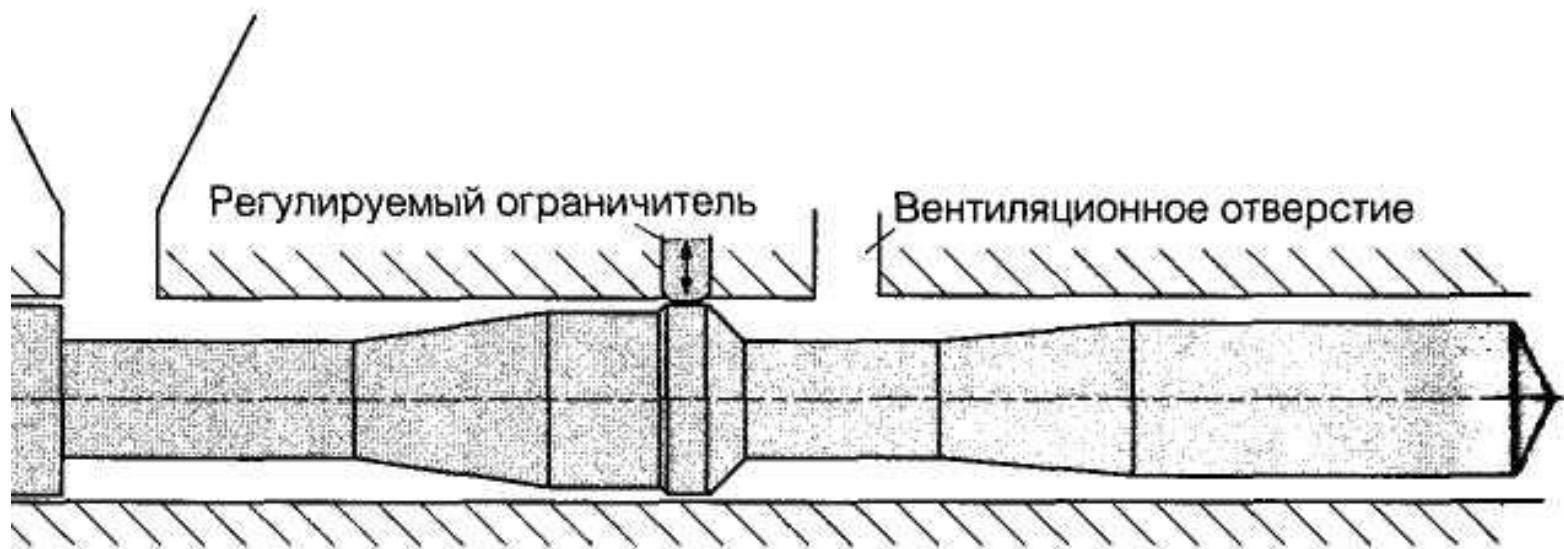
Фото 25. Шнек экструдера, оптимизированный под переработку ПВХ (фото: Leister)

Дегазация расплава полимера



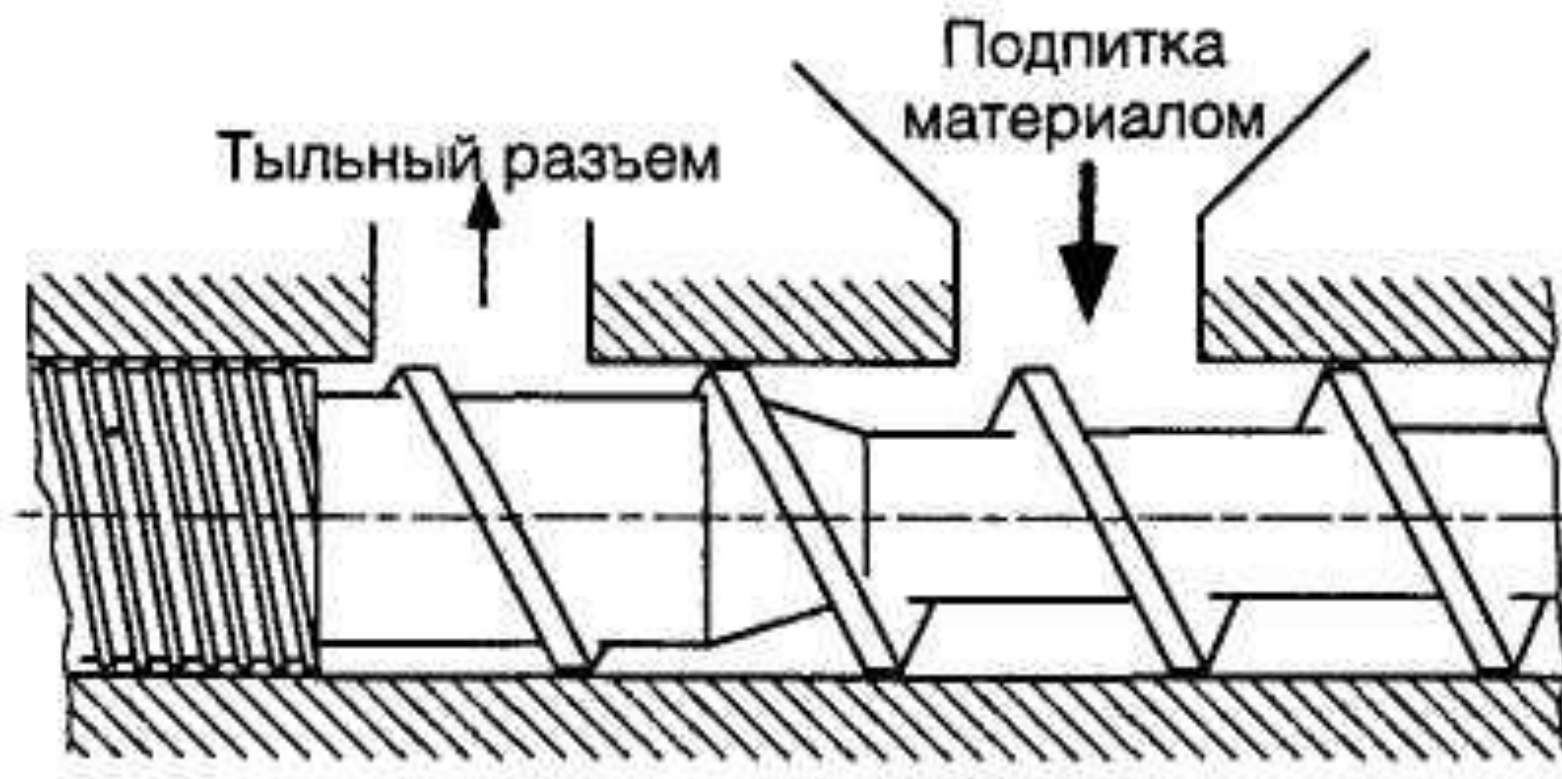
. Зона экстракции с многозаходной нарезкой

Дегазация расплава полимера

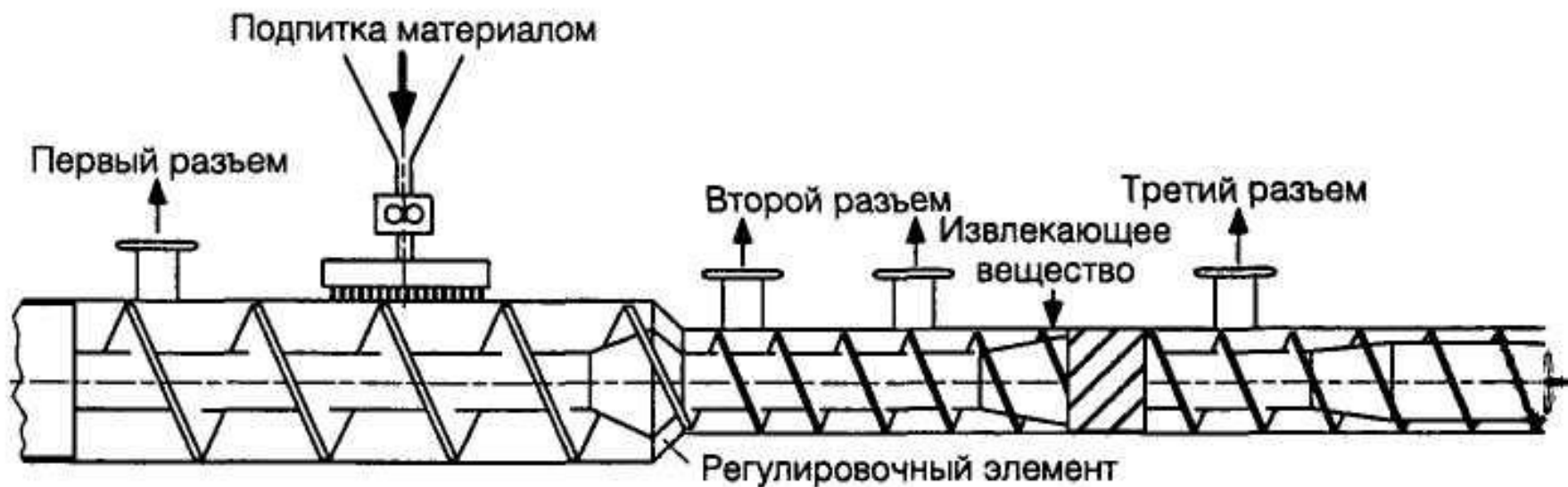


. Размещение предварительного клапана

Дегазация расплава через тыльную часть шнека



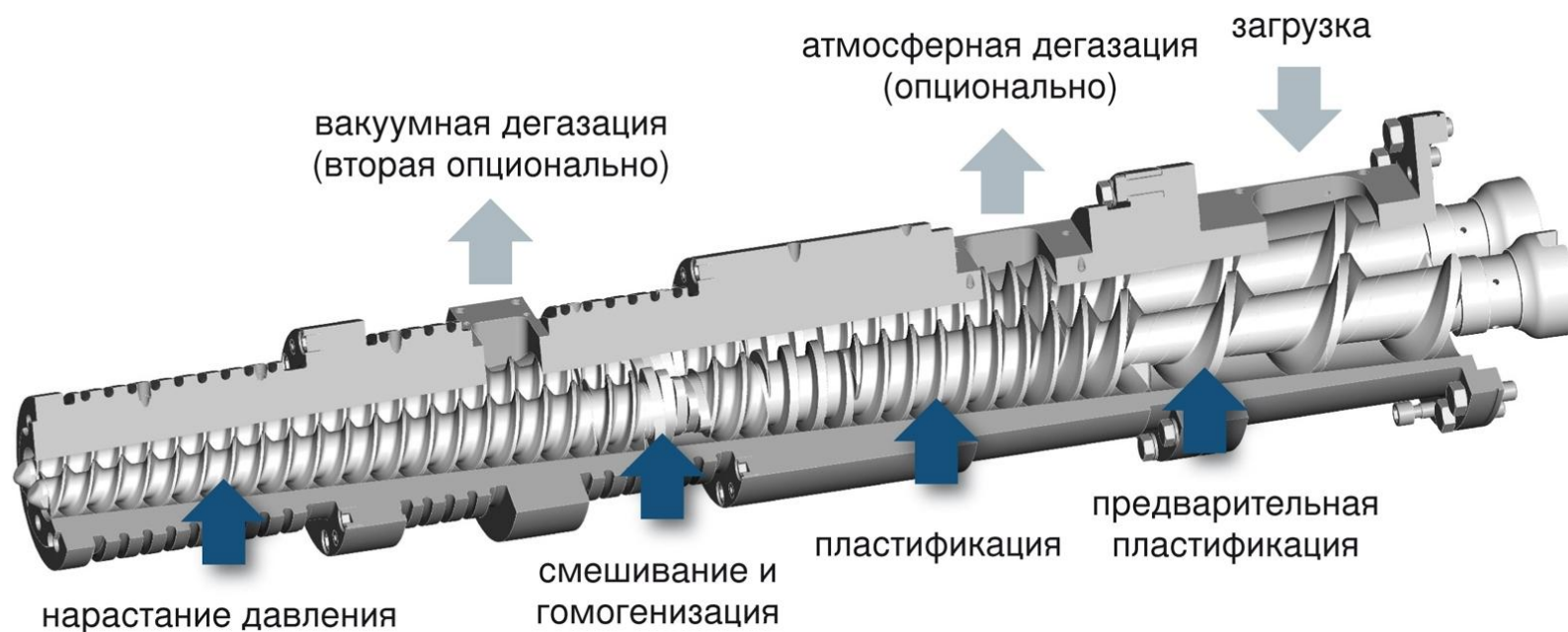
Эффективная многостадийная дегазирующая система



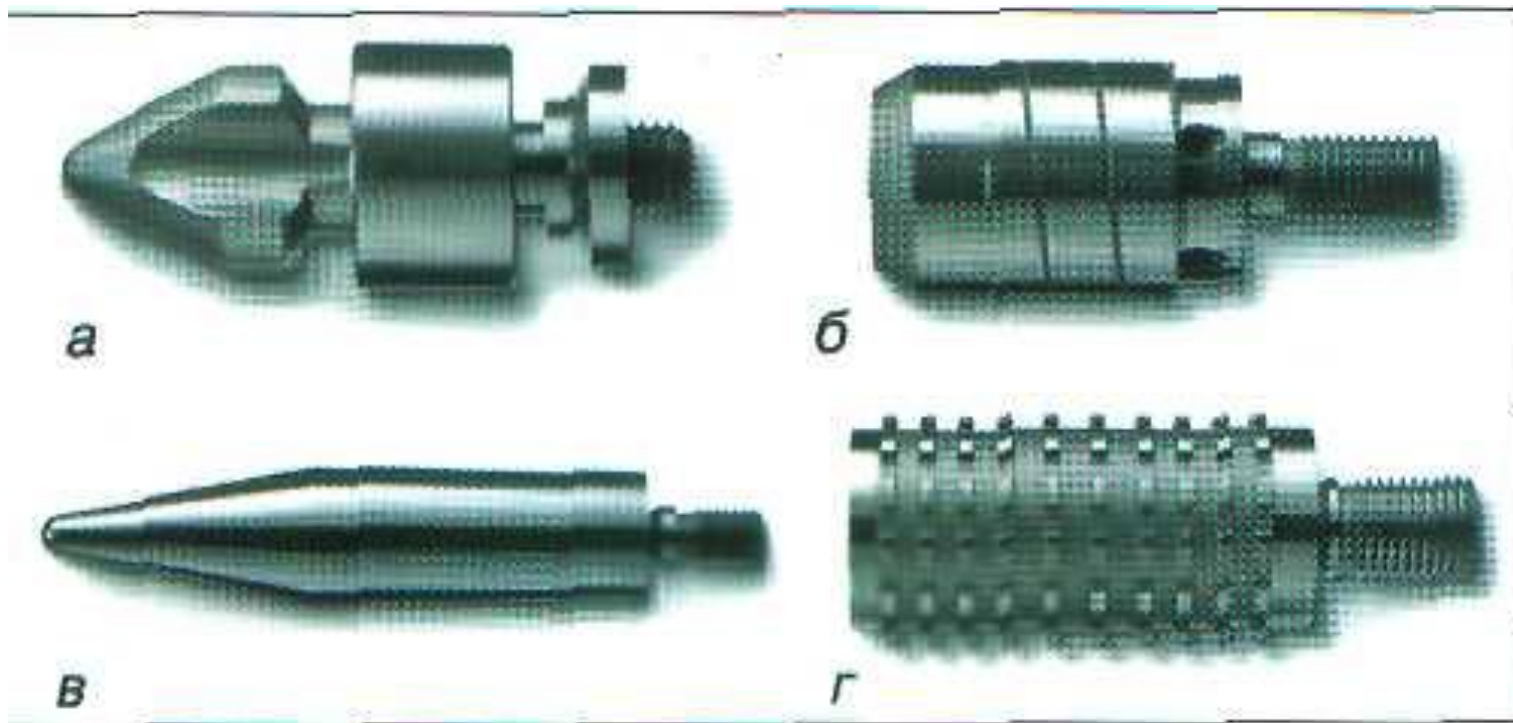
Дегазирующая система экструдера



Дегазирующая система двухшнекового экструдера

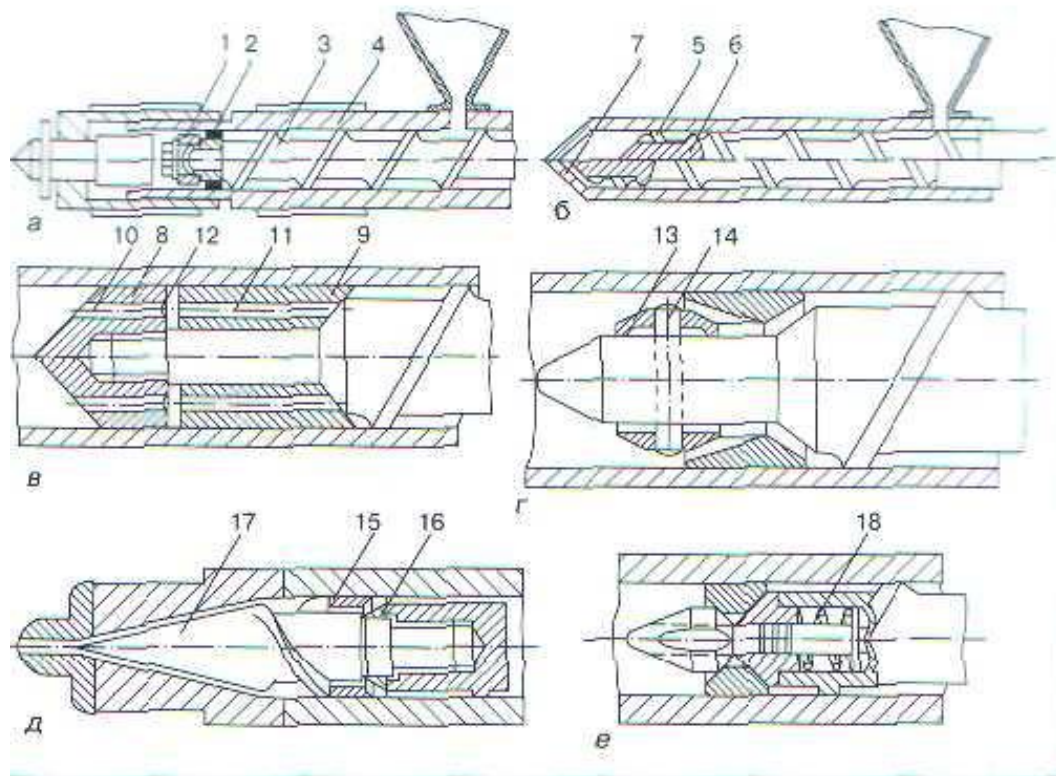


Шнековые обратные клапаны и наконечник



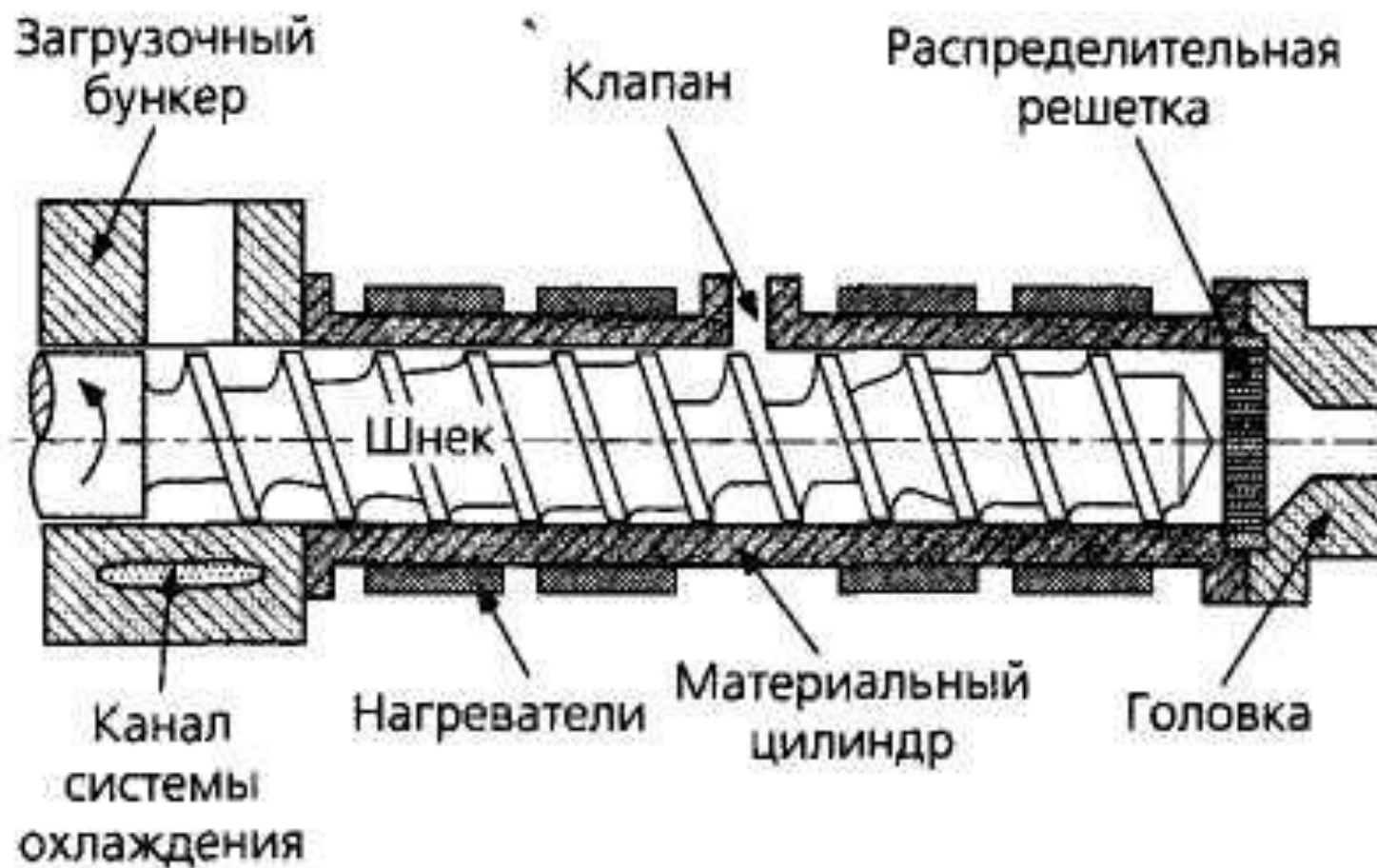
- а - обратный клапан с подвижной втулкой, имеющий продолжительный ресурс работы;
- б - шаровой обратный клапан, предназначенный для скоростного литья высокотекучих расплавов ПМ и имеющий незначительный износ, точное срабатывание и надежное удержание давления;
- в - наконечник шнека для переработки ПВХ;
- г - смешительная секция, обеспечивающая высокое качество смешивания и гомогенизации расплава и минимальный расход красителя

Схемы конструкции обратных клапанов



- а - с цилиндрическим кольцом и втулкой;
- б - с трапецеидальным кольцом;
- в - с поршневой насадкой;
- г - с разборной насадкой;
- д - с конической л shockовой насадкой;
- е - с пружиной.

Общая схема экструдера



Классификация экструзионных головок по геометрии формующего отверстия

Виды головок	Разновидности головок
1. Круглого сечения	1.1. Перфорированная
	1.2. Сетчатая
	1.3. Фильерная
	1.4. Сплошная
2. Кольцеобразного сечения	2.1. С дорном
	2.2. С перфорированным адаптером
	2.3. С пинолью
	2.4. Со спиральным распределителем
	2.5. С ротационным распределителем
3. Плоскощелевого сечения	3.1. С Т-образным распределителем
	3.2. Типа «хвост рыбы»
	3.3. Типа «плечики для одежды»
4. Произвольного сечения	4.1. Профилированные
	4.2. Блендовая с насадкой
	4.3. Ступенчатая
	4.4. С вытеснителем

Общая схема экструзионной головки

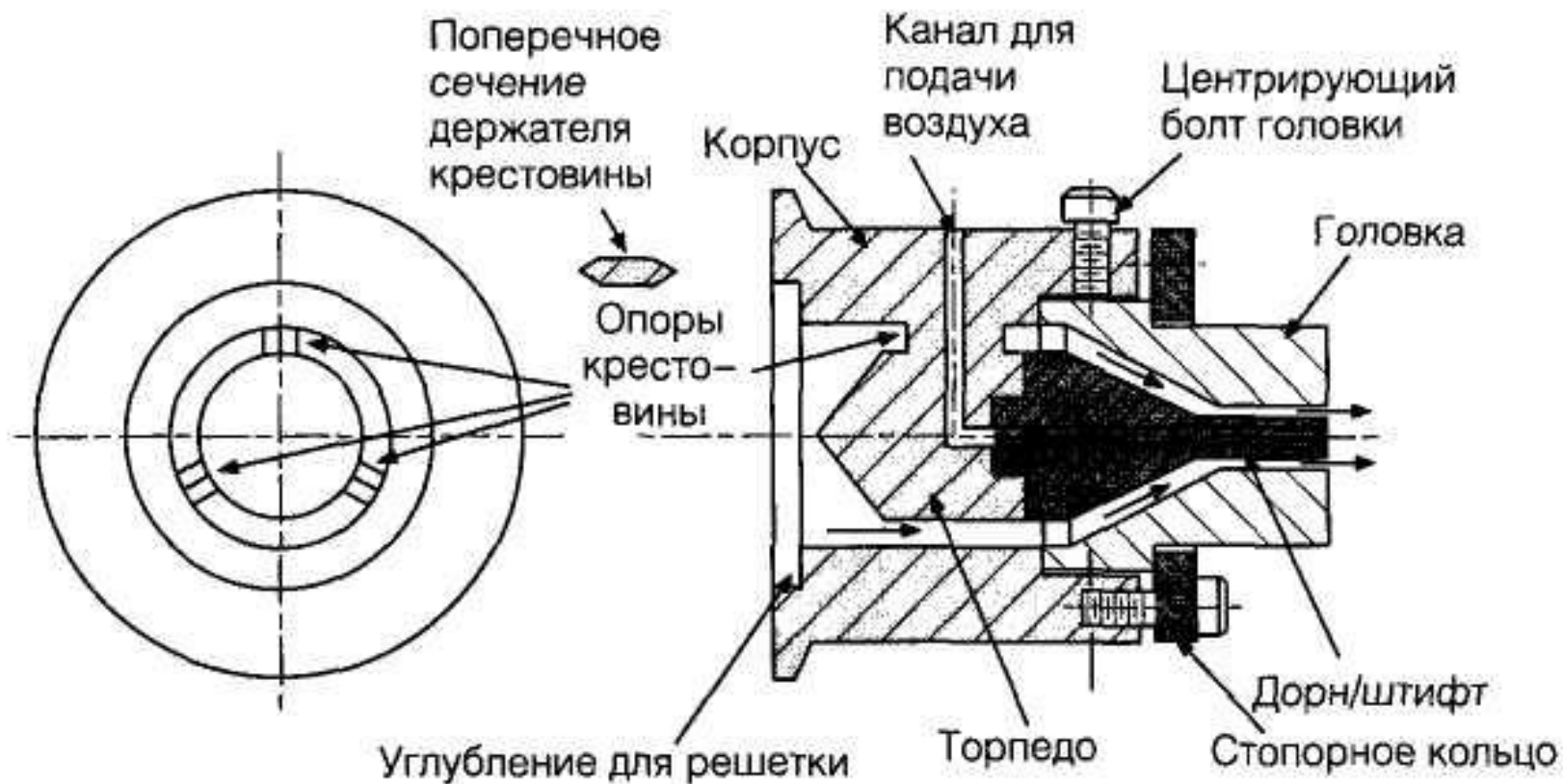
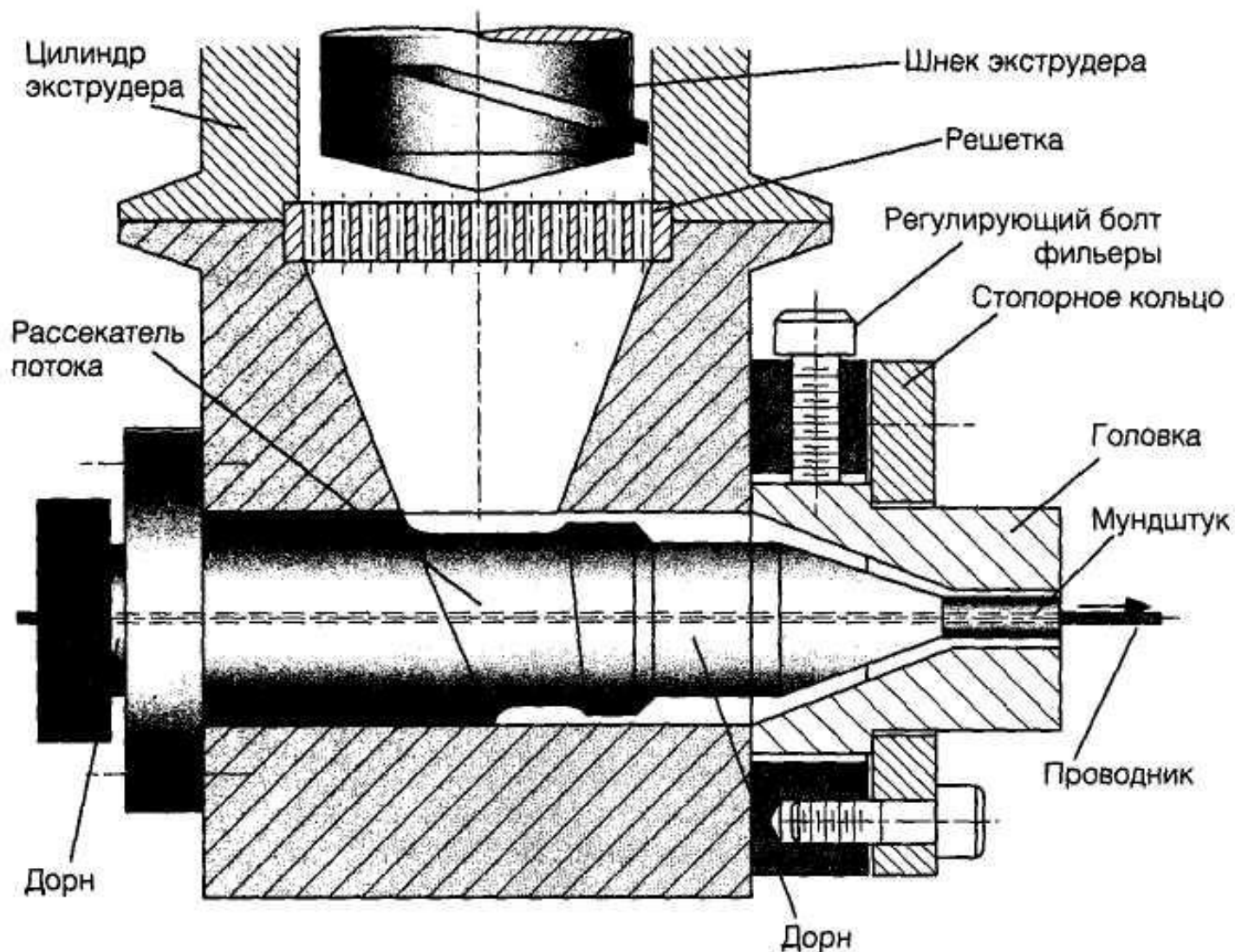
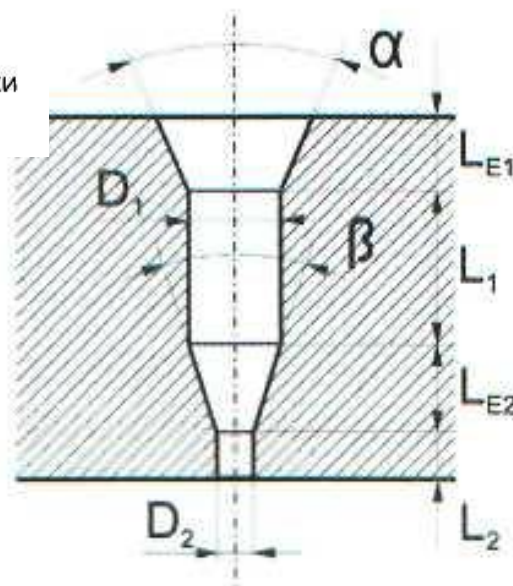
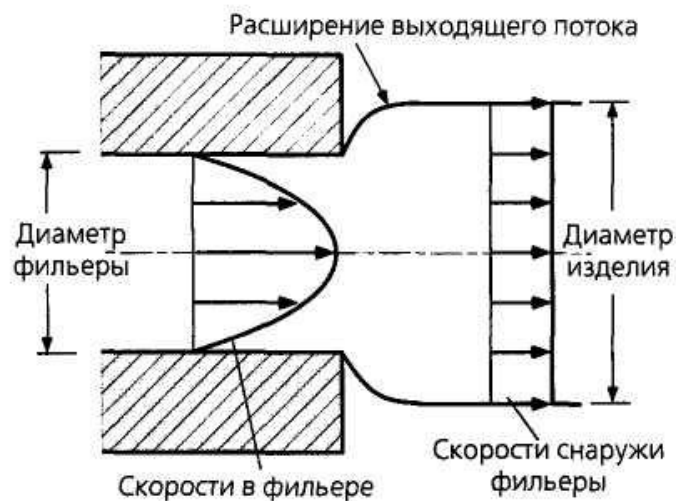


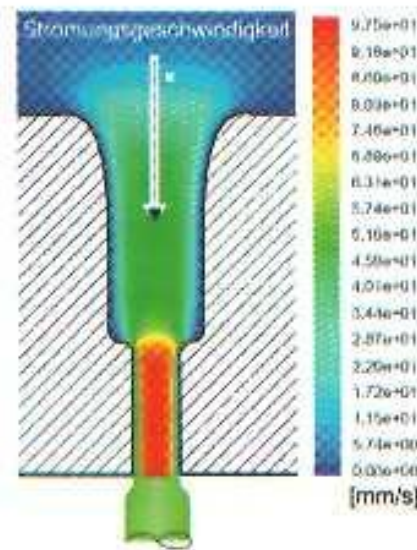
Схема экструзионной головки с угловым течением расплава



Изменение профиля скоростей при выходе из фильеры

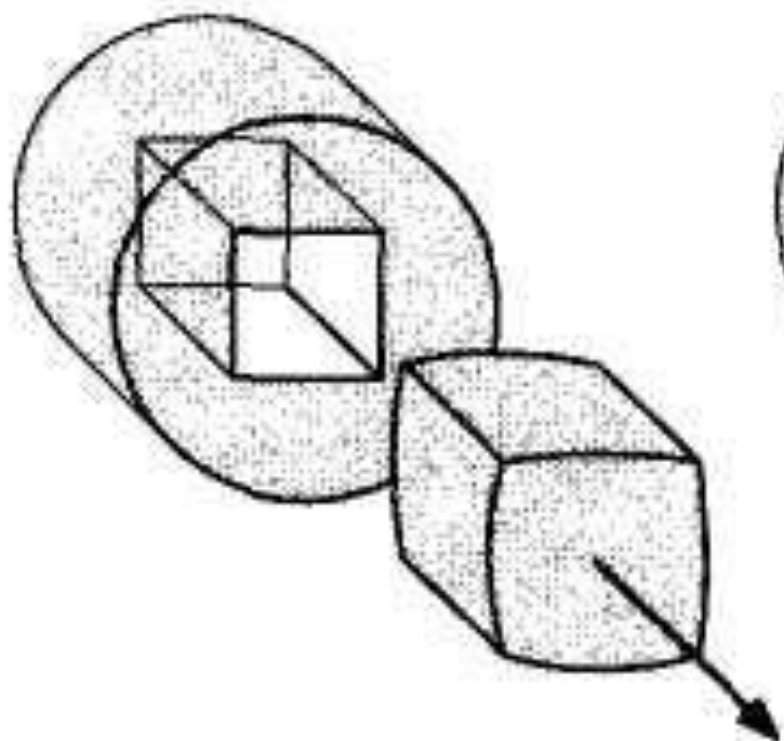


а

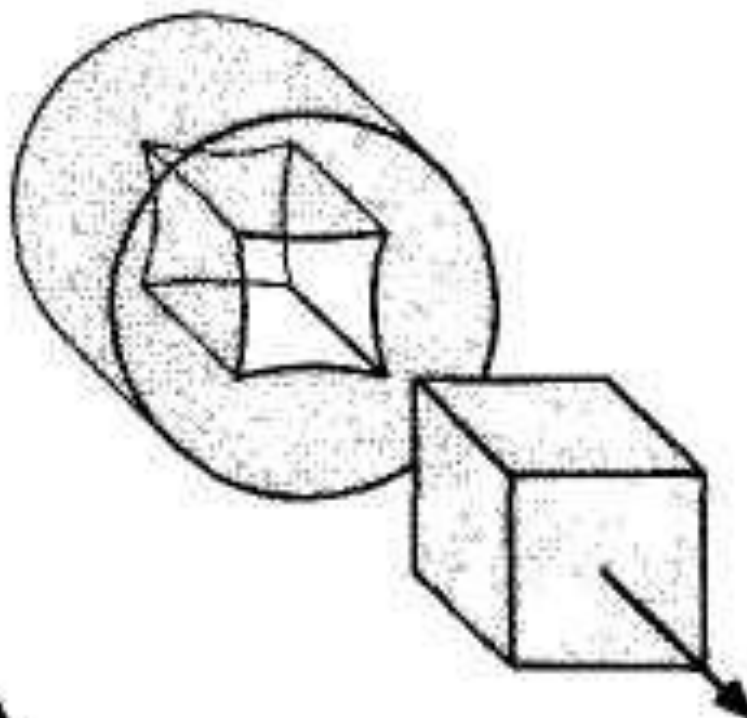


б

Изменение сечения профиля при выходе из фильеры

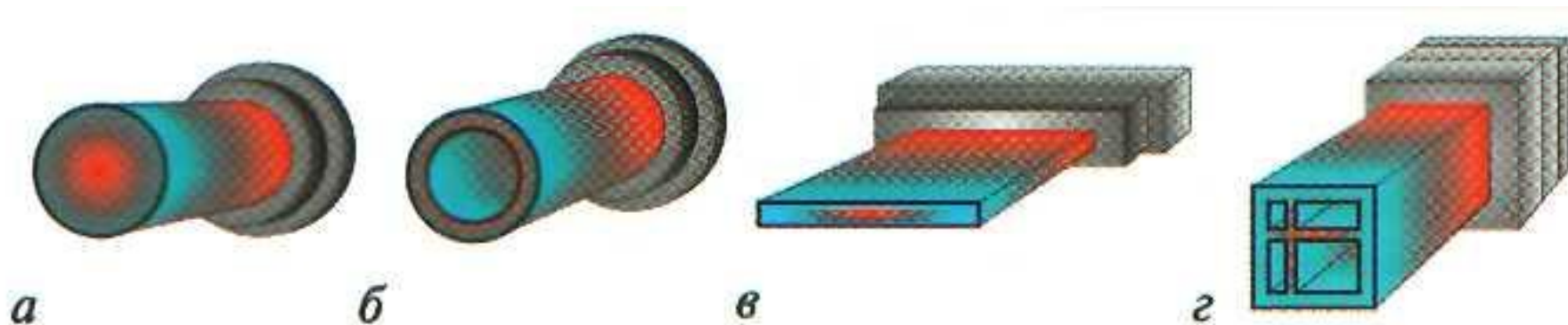


Исходная фильера



Модифицированная
фильера

Типы экструзионных головок



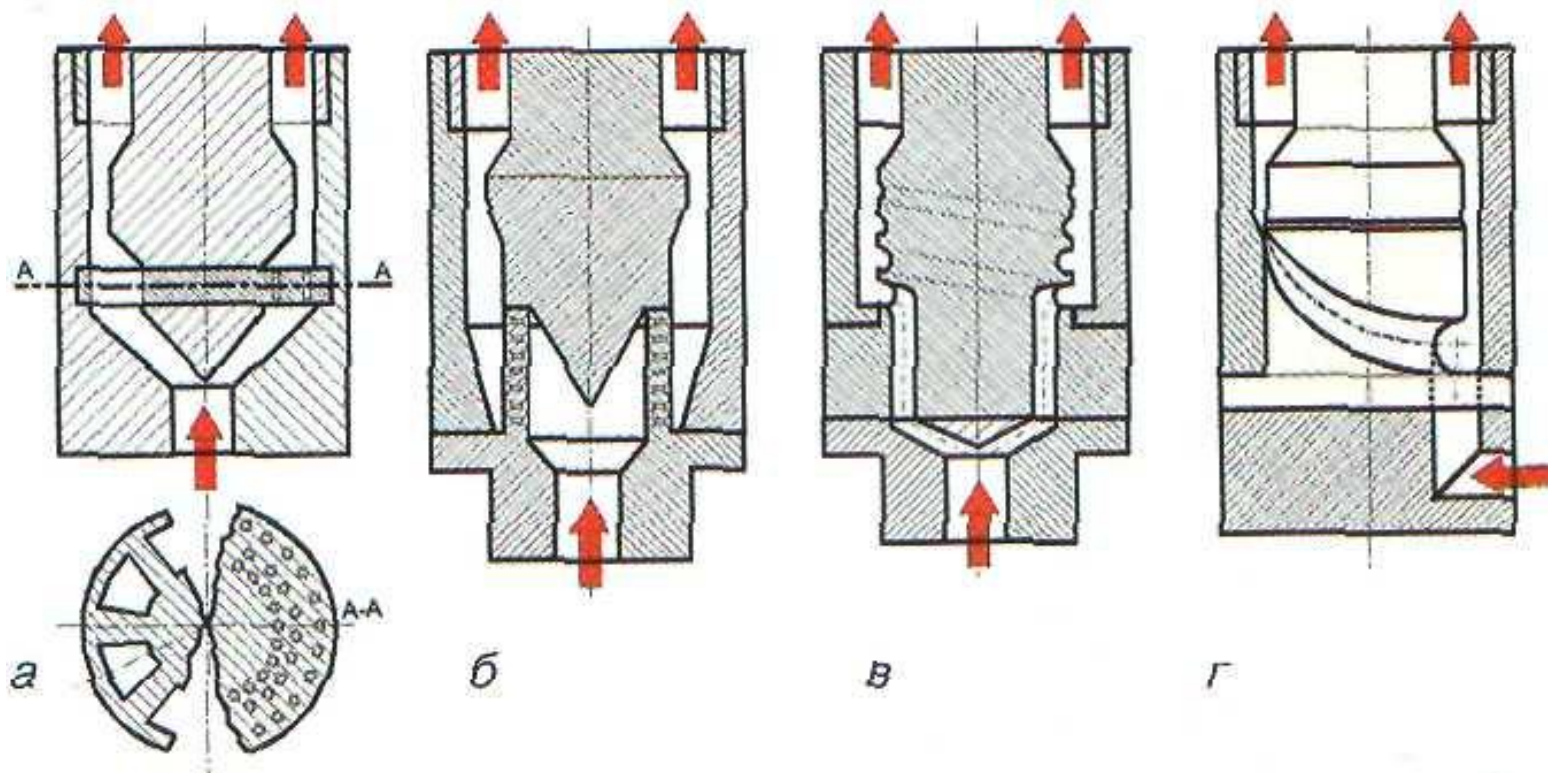
а - с круглым формующим отверстием;

б - с кольцеобразным формующим отверстием;

в - с плоскостелевым формующим отверстием;

г - с формующим отверстием произвольной формы сечения

Типы экструзионных головок с кольцеобразным формующим отверстием

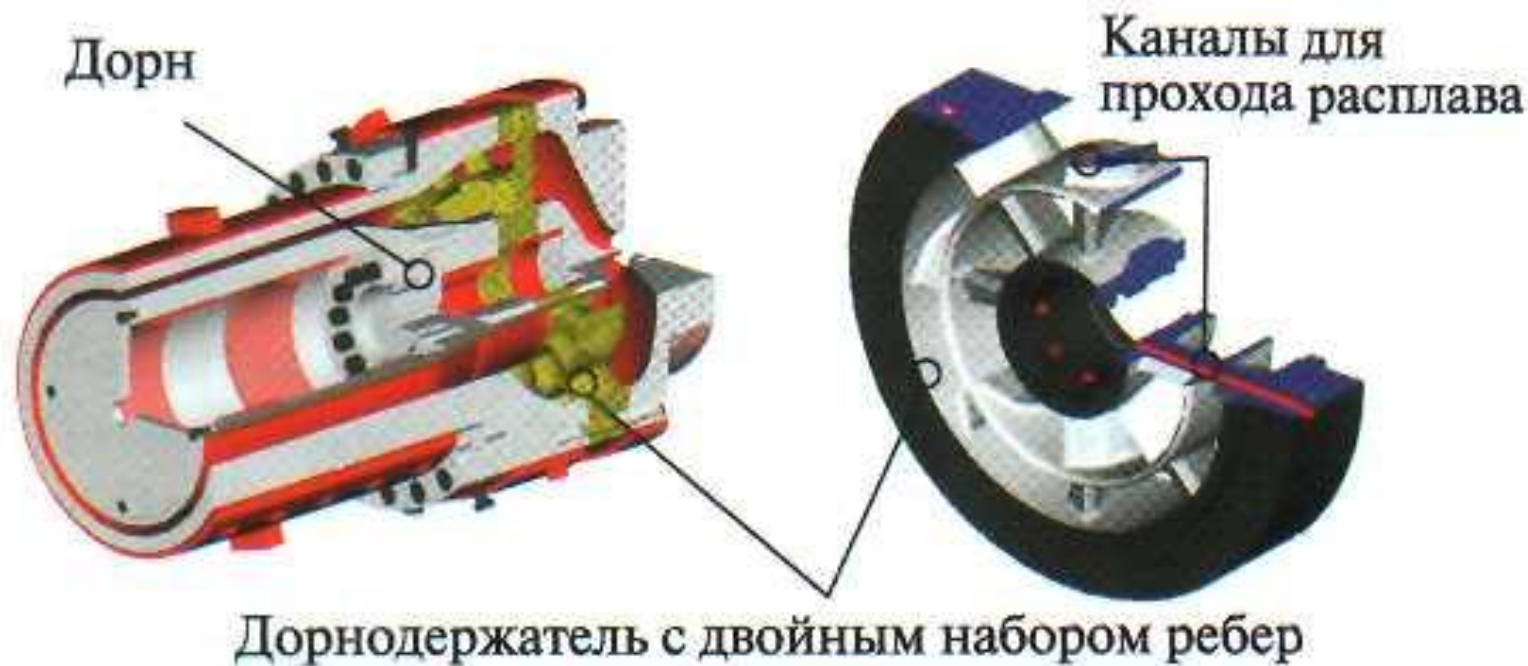


- а - с дорнодержателями;
- б - с перфорированной втулкой;
- в - со спиральными распределителями;
- г - пинольные

Классификация экструзионных головок с кольцеобразным формующим отверстием

Виды головок	Разновидности головок
1. С дорнодержателями	1.1. С одним дорнодержателем
	1.2. С двумя дорнодержателями
	1.3. С перфорированным дорнодержателем
2. С перфорированной втулкой	2.1. С фиксированной перфорированной втулкой
	2.2. С плавающей перфорированной втулкой
3. Со спиральными распределителями	3.1. С цилиндрическим спиральным распределителем
	3.2. С коническим спиральным распределителем
	3.3. С радиальным спиральным распределителем
4. Пинольные	4.1. С простым пинольным распределителем
	4.2. С распределителем специальной формы

Схема экструзионной головки с двойным дорнодержателем



Дорны со спиральными распределителями в виде «плечиков для одежды»



Дорн со спиральными распределителями в виде «звезды»



Экструзионная головка для изготовления труб диаметром до 2000 мм



Вариант смены калибрующей насадки

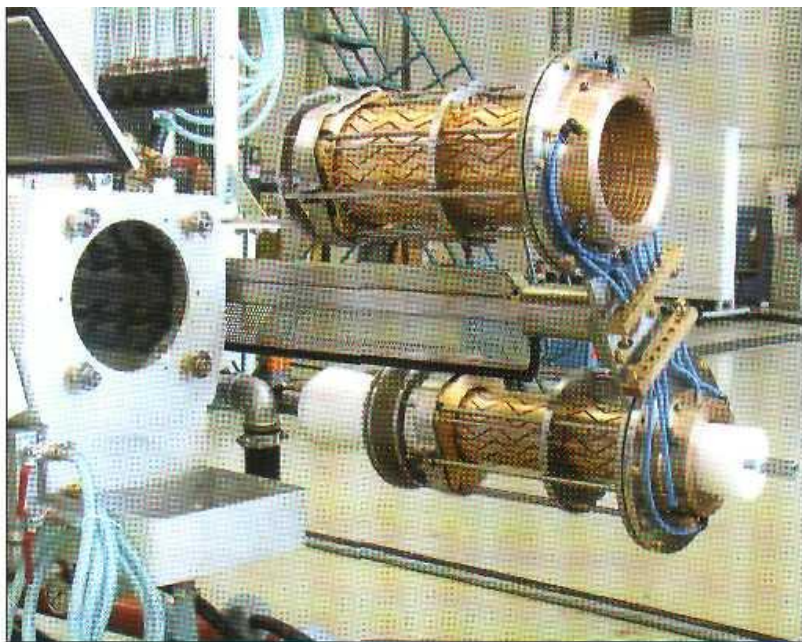
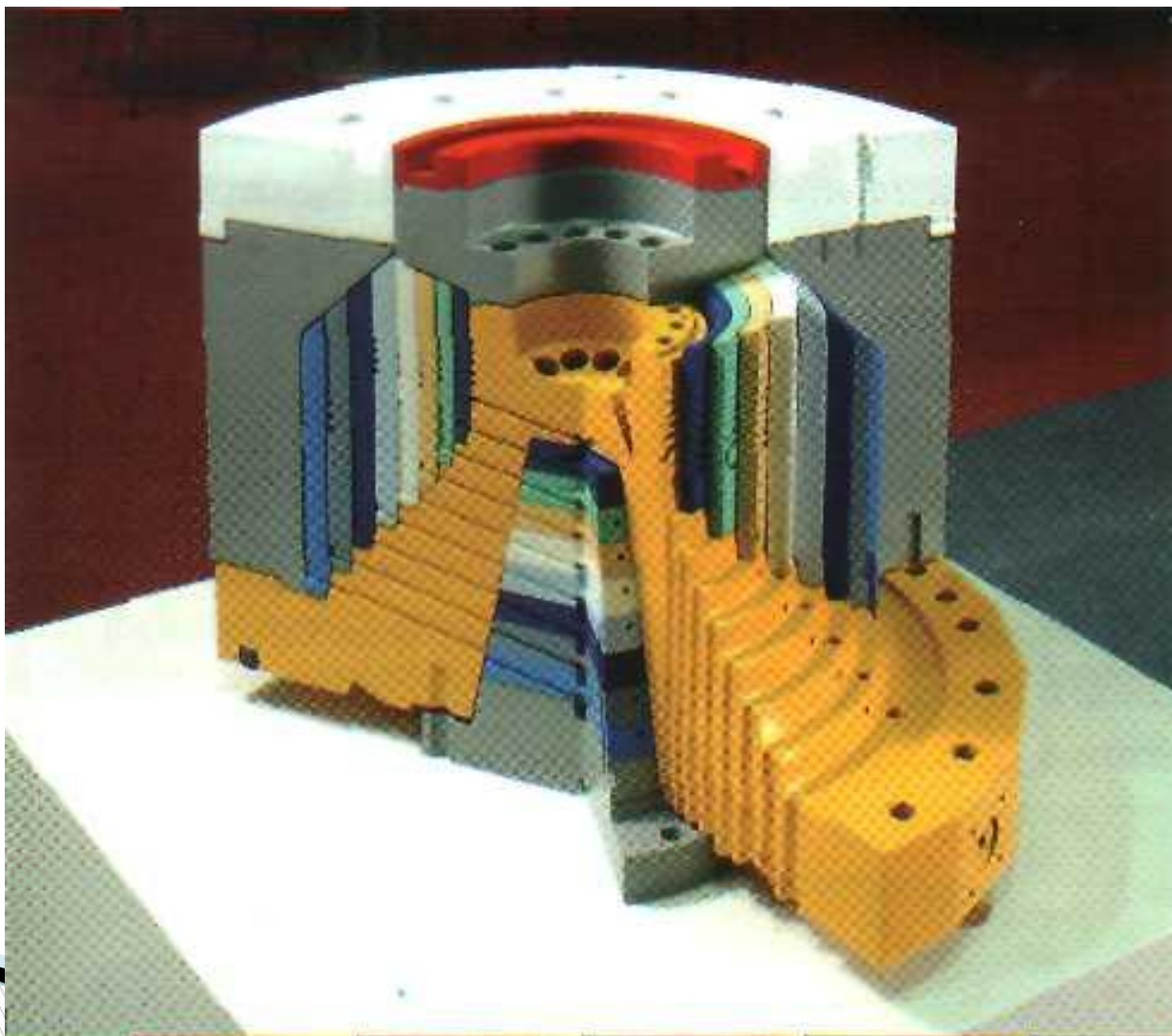


Фото 1. В то время как один калибратор вставлен в вакуумную ванну, калибратор другого диаметра может быть подготовлен и затем происходит их замена во время короткой остановки линии



Фото 2. При выходе трубы из второй вакуумной камеры щеточный уплотнитель гарантирует изоляцию от внешней среды

Формующая головка для экструзии с раздувом 9-слойной пленки



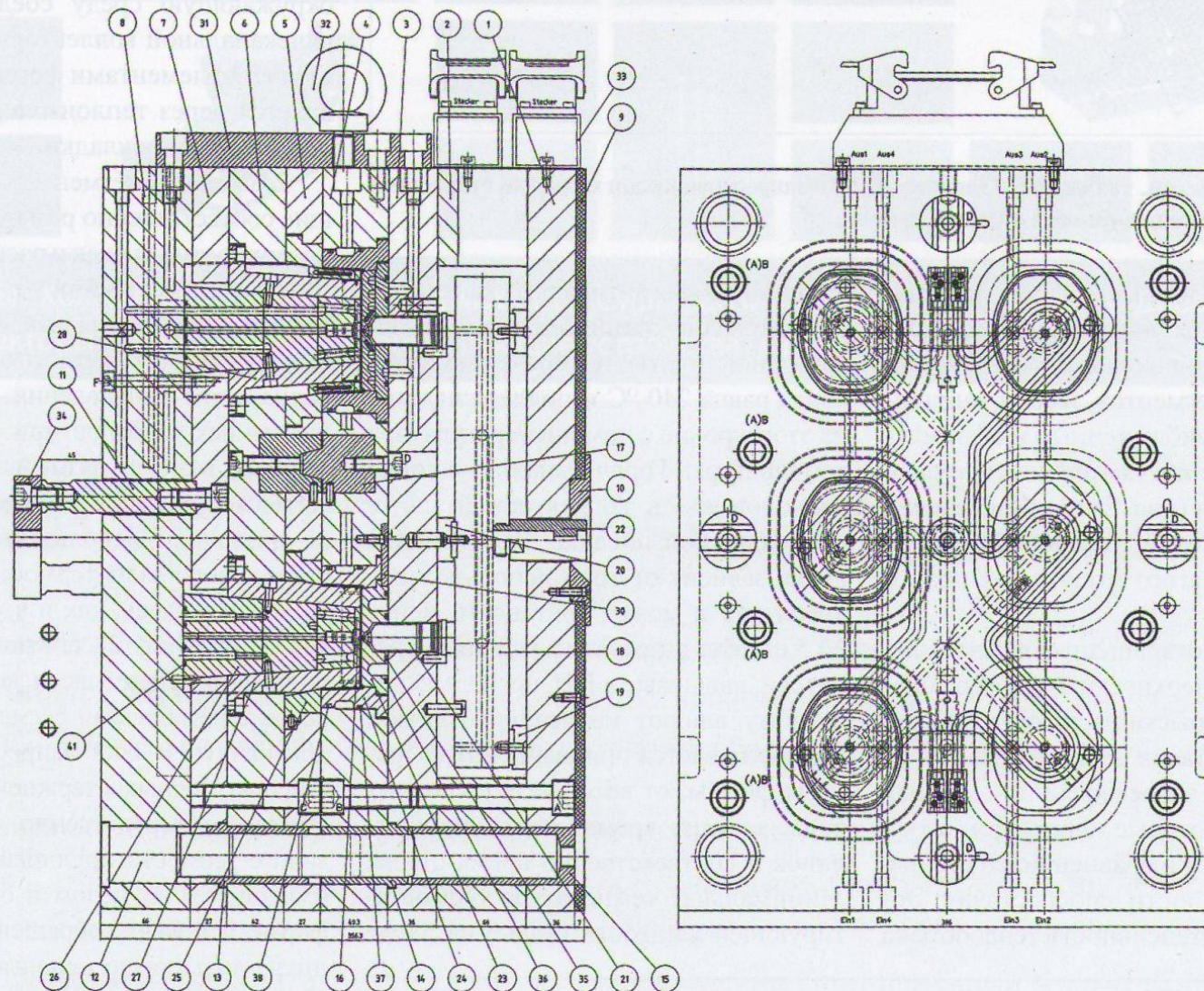
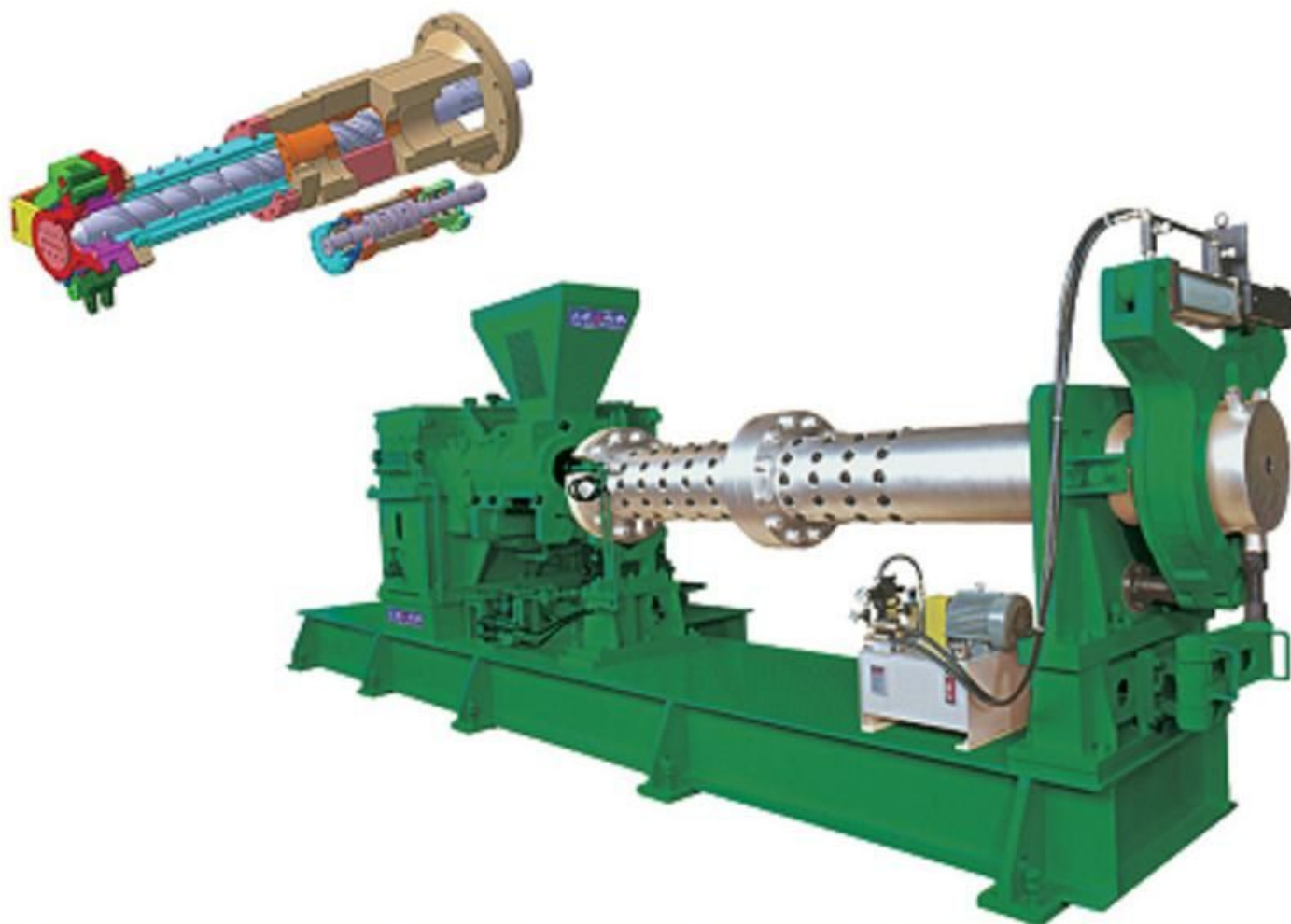


Рис. 1. Шестигнездная горячеканальная форма для производства крышек для кофейных чашек из полипропилена: 1, 2, 3, 5, 8, 9, 12, 16, 18 – детали горячеканальной коллекторной плиты; 21 – обогреваемое впускное сопло с запирающей иглой; 22 – литниковая втулка и фильтр; 23 – оформляющая вставка; 27 – внешний шибер; 28 – внутренний шибер (все рисунки: Contura Mold Temperature Control GmbH)



项目 项目 Project 型号 型式 Model	XD90KS × 14D	XD120KS × 14D	XD150KS × 16D	XD200KS × 18D	XD90KS × 18D	XD250KS × 14D
Диаметр шнека, мм	φ90	φ120	φ150	φ200	φ200	φ250
Отношение длины к диаметру шнека	14:1	14:1	16:1 (或14:1)	18:1	12:1	12:1
Макс. скорость вращ. шнека, об/мин	60	55	44	33	26	22/63
Мощность, кВт	67	90	185	315	250	315
Производительность, кг/час	360	800-1000	1800-2000	2100-2600	2300	3000