



ENGEL



Технологический институт

# Технологическое окружение процесса литья под давлением





Термин	Объяснение
<b>Литье под давлением пластмасс</b>	Процесс получения дискретных изделий, состоящий в впрыске пластицированного полимерного материала в полость формы, где происходит фиксация его геометрической формы за счет стеклования и/или кристаллизации, отверждения.
<b>Интрузия</b>	Гибридная технология литья под давлением, состоящая в последовательном проведении операции предварительного нагнетания полимерного материала в полость формы за счет вращения шнека (без аксиального движения шнека) и операций традиционного цикла литья (впрыск, выдержка под давлением, охлаждение...)
<b>Сушка полимеров</b>	Процесс удаления влаги из полимерного материала.
<b>Металлосепарация</b>	Процесс удаления металлических включений из полимерного материала.
<b>Дозирование</b>	Процесс количественного и номенклатурного комплектования полимерного композита весовым, объемным или смешанным способом.
<b>Смешение</b>	Процесс предварительной гомогенизацией гранулированного или порошкообразного материалов механическим смешением.
<b>Пневмотранспорт</b>	Система транспортирования гранулированного или порошкообразного полимерного материала в потоке воздуха (газа).
<b>Воздухоподготовка</b>	Комплекс мероприятий по фильтрации сжатию, охлаждению, маслоотделению, водоотделению и транспортированию воздуха для технических нужд.
<b>Термостатирование формы</b>	Комплекс мероприятий направленный на поддержание температуры формы в заданных пределах за счет применения термостатов с замкнутыми или открытыми контурами, термоизоляции, термоэкранов и др.



Термин	Объяснение
<b>Дробление</b>	Процесс механического разрушения крупных кусков полимерного материала или полимерных отливок, изделий на куски меньших размеров, сопоставимых по размерам с размерами гранул. (Например, с применением роторно-ножевых дробилок)
<b>Удаления грата (облоя)</b>	Процесс механического удаление облоя у изделия, часто совмещен с удалением литника, литниковой системы или технологических приливов и элементов, необходимых для изготовления изделия.
<b>Постобработка</b>	Дополнительная обработка изделий или сборок изделий для придания им определенных декоративных или функциональных свойств. (Например, склеивание, металлизация, тиснение и др.)
<b>Наладка</b>	Установка технологических параметров работы оборудования для обеспечения производства качественной продукции на основании соответствующих методик, алгоритмов и иных данных о процессе.
<b>Консервация</b>	Комплекс мероприятий проводимый для оборудования или оснастки, направленный на сокращение износа, коррозии и старения в период длительных простоев, или хранения в иных климатических условиях.
<b>Ежедневный осмотр</b>	Комплекс мероприятий проводимый ежедневно, направленный на выявление неисправностей основного, периферийного и вспомогательного оборудования на ранней стадии, а также на выявление недостатка технологических материалов (например, смазочные материалы, гидравлические жидкости, теплоносители и др.).



Термин	Объяснение
<i>Плановое обслуживание</i>	Плановое обслуживание нацелено на поддержание работоспособности технологического оборудования, сроки и объем которого строго регламентирован инструкцией по эксплуатации. Сроки проведения плановых работ могут быть сокращены, но не должны увеличиваться.
<i>Растаривание</i>	Процедура удаления транспортной тары полимерных материалов и подразумевает под собой: вскрытие тары, изъятие полимерного материала, утилизация тары. В зависимости от автоматизации производства может отсутствовать полностью, либо проводиться на специальном технологическом участке, выделенном участке цеха, непосредственно у технологического оборудования.
<i>Навигация</i>	Для высокоавтоматизированного производства – технология управления потоками полимерных материалов в полуавтоматическом или в автоматическом режимах.
<i>Расконсервация</i>	Процедура обратная консервации, ориентирована на удаление консервационных материалов и приспособлений. Процедура расконсервации подразумевает проведение планового технического обслуживания.
<i>Ремонт</i>	Комплекс мероприятий ориентированный на восстановление работоспособности технологического оборудования и оснастки после поломки, износа или по иным причинам. Установка или замена элементов и приспособлений для обеспечения совместимости данного оборудования (оснастки) с другим технологическим оборудованием. (Например, замена штуцеров, монтаж установочных колец, установка «паразитных» плит и др.)



Термин	Объяснение
<b>Впрыск</b>	процесс заполнения полости формы расплавом полимерного материала, во время которого контролируется объемная скорость впрыска (См. доп. <a href="#">Профиль</a> )
<b>Выдержка под давлением</b>	Процесс заполнения полости формы расплавом полимерного материала для компенсации усадочных явлений в материале, во время которой контролируется давление расплава. Проводится после впрыска.
<b>Давление впрыска</b>	Текущее давление развиваемое в форкамере шнека при впрыске расплава в полость формы. (в большинстве случаев речь идет о максимальном давлении впрыска) (См. доп. <a href="#">Ограничение давления впрыска</a> )
<b>Давление выдержки под давлением</b>	Текущее давление развиваемое в форкамере шнека во время выдержки под давлением. (См. доп. <a href="#">Профиль</a> )
<b>Давление подпора</b>	См. <a href="#">Противодавление</a>
<b>Декомпрессия</b>	Операция сброса давления в форкамере шнека и/или в горячеканальном блоке. Осуществляется за счет отвода шнека на определенное расстояние в направлении от сопла.
<b>Диспергирование</b>	Процесс перераспределения малых (элементарных) объемов полимерного материала, сопровождающийся их разрушением на более мелкие, с целью улучшения гомогенности расплава (пример: распределение пигмента в массе материала, сопровождающееся дроблением агломератов пигмента)
<b>Диссипация энергии</b>	Процесс выделения тепловой энергии за счет вязкого трения в полимере
<b>Деструкция</b>	Процесс разложения полимерного материала (например: термическая, термомеханическая, механическая, каталитическая деструкции и др.)
<b>Дозирование, дозировка</b>	Процесс накопления полимерного материала в форкамере шнека (См. доп. <a href="#">Профиль</a> )



Термин	Объяснение
<b>Дыхание формы</b>	Раскрытие (разгрузка) формы под действием распорного усилия
<b>Объем дозировки</b>	Объем полимерного материала, накопленного в форкамере шнека для последующего впрыска
<b>Ограничение давления впрыска</b>	Величина давления впрыска, превышения которого недопустимо по каким либо причинам (защита формы, предельное распорное усилие, контроль технологического процесса и др.). Устанавливается оператором.
<b>Осадка формы</b>	Деформация формы под действием усилия смыкания (удержания)
<b>Остаточная подушка расплава</b>	Количество материала, которое к концу времени выдержки под давлением остается перед шнеком. Предназначена для передачи давления до конца времени выдержки под давлением и компенсация неточностей в работе клапана обратного потока, при дозировании, в установке точки переключения и др.
<b>Остаточное время охлаждения</b>	Интервал времени с момента окончания выдержки под давлением до начала размыкания формы.
<b>Остаточное усилие удержания</b>	Разница между усилием удержания и распорным усилием
<b>Пластикационная производительность</b>	Объемная (массовая) производительность процесса пластикации, выражается в см <sup>3</sup> (граммах) в секунду или в см <sup>3</sup> (граммах) на оборот шнека
<b>Пластикация</b>	Процесс перевода полимерного материала в вязкотекучее состояние за счет теплового и/или сдвигового воздействия
<b>Подпитка</b>	См. <b>Выдержка под давлением</b>
<b>Подушка</b>	См. <b>Остаточная подушка расплава</b>



Термин	Объяснение
<b>Предохранение формы</b>	Особый режим смыкания формы в течении которого контролируется усилие смыкания при движении формы.
<b>Противодавление</b>	Давление создаваемое перед шнеком (в форкамере) против которого ведется пластикация материала.
<b>Профиль</b>	Система плавного или ступенчатого изменения значения текущего параметра (группы параметров) в рамках одной технологической операции. (Например, впрыск, вдержка под давлением, дозировка, и др.)
<b>Распорное усилие</b>	Разжимающая сила возникающая в результате действия давления расплава на площадь проекции отливки на плоскость размыкания формы
<b>Реактивное давление</b>	См. <b>Противодавление</b>
<b>Скорость пластикации</b>	См. <b>Пластикционная производительность</b>
<b>Смешение</b>	Процесс перераспределения малых (элементарных) объемов полимерного материала с целью улучшения гомогенности расплава (пример: распределение пигмента в массе материала)
<b>Точка переключения на выдержку под давлением</b>	Момент переключения термопластавтомата из режима впрыска в режим выдержки под давлением
<b>Усилие смыкания</b>	Усилие, с которым происходит сжатие формы перед/(во время) стадией впрыска
<b>Усилие удержания</b>	Усилие, с которым производится удержание формы в сомкнутом состоянии во время впрыска, выдержки под давлением и охлаждения
<b>Форкамера шнека</b>	Полость, образованная материальным цилиндром, клапаном обратного потока и соплом, в которой происходит накопление материала при дозировке





Термин	Объяснение
<b>Термопара, термодатчик</b>	Первичный датчик аппаратной цепочки измерения температуры. Принцип действия основан на измерении электрической величины, изменяющейся при изменении температуры (для термопар – термо ЭДС [V], для термосопротивления - сопротивление [Ом])
<b>Датчик гидравлического давления</b>	Первичный датчик гидравлических систем, предназначенный для измерения давления жидкостей (вода, гидравлическое масло).
<b>Тензометрический датчик</b>	Первичный датчик измерения деформации элементов оборудования. Принцип действия основан на измерении электрической величины- сопротивления [Ом] при деформации. Чаще всего используется для косвенного измерения усилия (силы).
<b>Датчик перемещений</b>	Первичный датчик измерения положения рабочего органа или элемента. Широко применяются датчики сопротивления (потенциометры) и ультразвуковые датчики положения.
<b>Датчик расхода</b>	Первичный датчик измерения расхода жидкости. Широко применяются индукционные датчики Холла.

# Цикл литья под давлением термопластов (последовательный цикл)



время цикла

смыкание  
формы

подвод  
сопла

физическое время охлаждения

размыкание  
формы

Выталки-  
вание

впрыск

подпитка

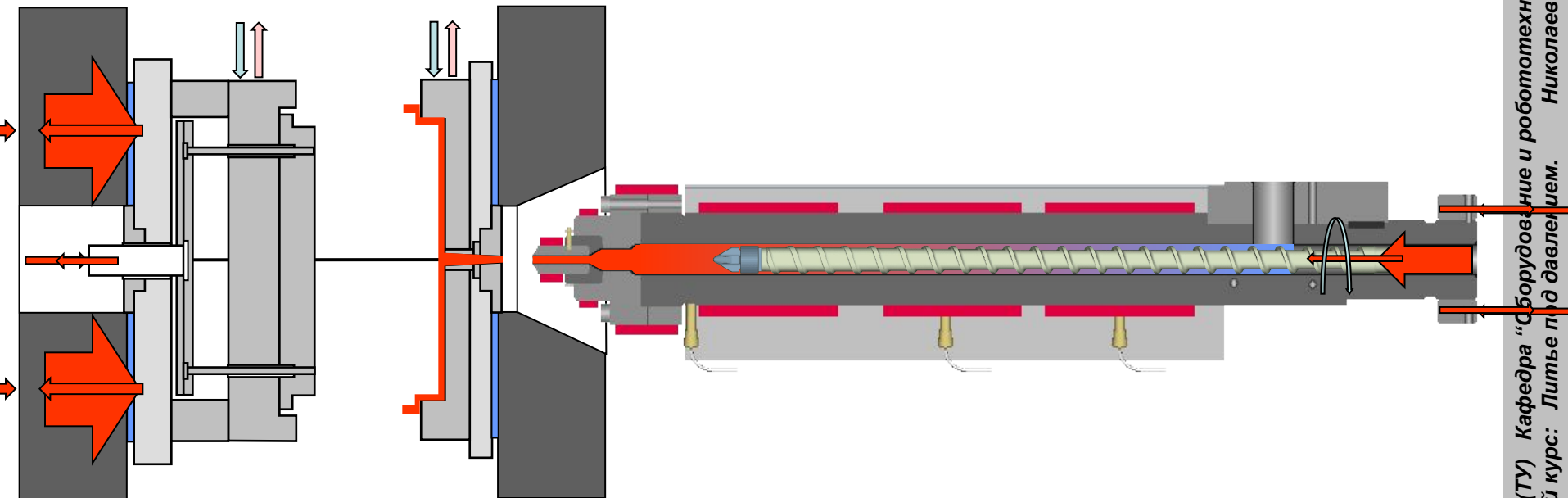
остаточное охлаждение

отвод  
сопла

пластикация

старт  
цикла

конец  
цикла





<b>Исходные данные:</b> Тип термопластавтомата	(коленно-рычажный, гидравл.)
Масса формы	кг
Габариты формы меньше просвета между колоннами	(да, нет)
Тип литниковой системы	(холодноканал., горячеканал.)
Наличие дополнительных сердечников	(есть, нет)
Наличие дополнительных пневмосистем	(есть, нет)
Присоединительные элементы формы соответствуют ТПА	(да, нет)
Подъемные устройства	(есть, нет)
Регламентные работы по ТПА проведены	(да, нет)
Регламентные работы по форме проведены	(да, нет)

<b>Исходное состояние:</b> Узел смыкания	(свободен, с формой)
Материальный цилиндр	(холодный, прогретый)
Материальный цилиндр	пуст
Ранее перерабатываемый материал	РЕ и пр.
ТПА готов к эксплуатации	(да, нет)

**Задача:**            обозначить перечень назначений и перечень работ в соответствующей очередности, которые следует провести при монтаже формы, наладке процесса до получения готового изделия.



	<b>Операция</b>
<b>Шаг 1.</b>	<b>Задать температуры и допуски отклонений температур зон обогрева материального цилиндра,</b>
<b>Шаг 2.</b>	<b>Включить обогрев цилиндра и охлаждение зоны под воронкой</b>
<b>Шаг 3.</b>	<b>Смонтировать форму в узел смыкания соблюдая центровку (центровочные кольца, монтажные отверстия).</b>
<b>Шаг 4.</b>	<b>Удалить предохранительные и монтажные устройства.</b>
<b>Шаг 5.</b>	<b>Сцепить гидравлический сброс формы, если это необходимо. В некоторых случаях для проведения этой операции требуется смонтировать дополнительные устройства или элементы до монтажа формы.</b>
<b>Шаг 6.</b>	<b>Подключить или смонтировать систему(ы) перемещения сердечников или иных знаков с внешним приводом. Подключить систему датчиков</b>
<b>Шаг 7.</b>	<b>Подключить пневматическую систему, если это необходимо.</b>
<b>Шаг 8.</b>	<b>Подключить энергетическую систему формы, систему термостатирования и систему контроля (горячие каналы и датчики), если это необходимо.</b>



	Операция
Шаг 9.	В системе управления ТПА определить последовательность действия элементов формы (перемещение полуформ, работа гидравлического выталкивателя, работа сердечников)
Шаг 10.	Настроить все параметры движения формы (скорости, позиции, контрольные точки)
Шаг 11.	Установить высоту формы (В дальнейшем потребуются корректировка высоты формы в связи с выходом на рабочий тепловой режим)
Шаг 12.	Задать параметры движения узла впрыска. Установить нулевую точку при полностью прогретом материальном цилиндре и сомкнутой с усилием формой.
Шаг 13.	Проверить настройку параметров движений в наладочном, ручном, шаговом режимах или используя функцию «сухой ход»
Шаг 14.	Задать параметры процесса. См. методика наладки ТПА.(скорость вращения шнека, противодействие, объем дозирования материала, декомпрессию, скорость впрыска, ограничение давления впрыска, параметр переключения от впрыска на подпитку, давление и время выдержки под давлением, время охлаждения, контрольные параметры)
Шаг 15.	Проверить работу машины в автоматическом режиме
Шаг 16.	Оптимизировать все параметры



Типовой алгоритм (последовательность действий) наладки процесса изготовления типового изделия методом литья под давлением при условии, что все перемещения основных узлов уже налажены, температуры материального цилиндра и формы оптимальны. Объем готовой отливки принять за 100%. Литниковая система – холодноканальная. Материальный цилиндр пуст.

	Параметр	Методика назначения (кратко)	Ожидаемый результат
Шаг 1	Частота вращения шнека	Параметр назначается от минимального до величины обеспечивающей ожидаемый результат. В дальнейшем возможна корректировка.	Время подготовки новой дозы расплава не должно превышать времени охлаждения
Шаг 2	Противодавление	Минимальное, согласно рекомендациям для этого материала и шнека	Высокое качество расплава
Шаг 3	Объем дозировки	105-120% от массы готовой отливки	Обеспечить гарантированный запас полимера при впрыске
Шаг 4	Декомпрессия	5-10% от объема дозирования в зависимости от величины противодавления	Снятие давления в форкамере шнека, отсутствие истечений полимера из сопла
Шаг 5	Выдержка под давлением	Полностью отключить выдержку под давлением	Исключить влияние стадии выдержки под давлением на картину заполнения полости формы
Шаг 6	Время охлаждения	Назначить заведомо большую величину	Обеспечить гарантированный съем изделия
Шаг 7	Скорость впрыска	По возможности максимальной, но с оглядкой на полимер и геометрию изделия, назначить профиль впрыска	Обеспечить проливаемость, Симметричная проливаемость многогнездной отливки
Шаг 8	Ограничение давления впрыска	На стадии наладки, если нет ограничений, назначают высоким. Требуется корректировка в дальнейшем.	Реализация стадии впрыска с заданной скоростью
Шаг 9	Точка переключения по объему	Установить точку переключения на величину 80% от объема отливки	Получить гарантированно недолитое изделие

# Параметры литьевого цикла: РАБОТА СИСТЕМЫ СТАЛКИВАНИЯ



	Параметр	Методика назначения (кратко)	Ожидаемый результат
Шаг 10	Точка переключения по объему	Смещаем точку переключения до 85 - 90 – 95% ..... до получения полного заполнения полости формы. Для многогнездных отливок допускается неравномерность заполнения гнезд. Величина недолива не должна превышать 20% от объема гнезда. Если это не удастся корректируется скорость впрыска (шаг 7)	Полость формы заполнена и не наблюдается переливов. Изделие может иметь существенные утяжины и дефекты поверхности
Шаг 11	Время выдержки под давлением	Назначить время выдержки под давлением заведомо большим	Исключить влияние времени выдержки под давлением при определении давления выдержки
Шаг 12	Давление выдержки под давлением	Установить минимальное давление выдержки и увеличивать его до исчезновения недоливов, утяжин и дефектов поверхности, профиль выдержки под давлением Корректировка температуры формы Корректировка температуры расплава	Качественное изделие без недоливов, утяжин и поверхностных дефектов
Шаг 13	Время выдержки под давлением	Уменьшаем время выдержки до момента начала снижения веса отливки (до начала появления недоливов, утяжин и поверхностных дефектов)	Сокращение времени цикла без снижения качества изделия
Шаг 14	Время охлаждения	Уменьшаем время охлаждения до ситуации, при которой еще обеспечивается устойчивый съём и качество (коробление, усадка) изделия	Сокращение времени цикла без снижения качества изделия
Шаг 15	Остаточная подушка расплава	Смещаем весь комплекс параметров с целью уменьшения остаточной подушки	Уменьшение запаса пластицированного материала

## Последовательность определения основополагающих параметров



<b>№</b>	<b>Операция</b>	<b>Очередность</b>
<b>1</b>	<b>Определение объема дозирования</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Определение точки переключения</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Определение давления выдержки</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Определение времени выдержки</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Определение времени охлаждения</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>Корректировка скорости и объема дозирования</b>	



## Этап 1. Определение объема дозирования расплава для наладки

Условия	Параметры
<b>Исходное состояние машины (ТПА)</b>	<p>Готовность машины к процессу литья:                      форма раскрыта, гидровыталкиватель выведен, сердечники согласно программе, сопло отведено на существенное расстояние от литниковой втулки (для сопел открытой конструкции), защитные и аварийные устройство в рабочем положении</p>
<b>Начальные условия</b>	<p>Масса или объем изделия установлены по прототипу или чертежу                      Скорость вращения шнека устанавливается на уровне 20 - 40% от максимальной (в дальнейшем потребует корректировки)                      Противодействие установлено на минимальное значение ( 0 бар)                      Материальный цилиндр вышел на заданный температурный режим                      Время блокировки по температуре истекло.</p>
<b>Методика определения</b>	<p>Декомпрессия до набора дозы устанавливается в пределах 2-6 мм в плюс от позиции «подушка расплава» (устанавливается после наладки процесса)                      Объем дозирования устанавливается в пределе 105-120% от требуемого количества расплава                      Декомпрессия после набора дозы устанавливается в пределах 5-10% в зависимости от величины противодействия. Величина декомпрессии должна быть минимальна, но не менее величины хода кольца клапана обратного потока и гарантировать отсутствие подтекания из сопла                      Внимание! Особый режим набора дозы при объеме дозирования более 3,5D)</p>
<b>Ожидаемый результат</b>	<p>Величина отдозированного материала должна быть более требуемого количества на 5-20% , для того чтобы обеспечить резервный запас расплава в случае ошибок при наладке процесса (в дальнейшем потребует корректировки).                      Давление в форкамере шнека равно 0 и подтекание расплава из сопла не наблюдается                      В дальнейшем объем дозирования корректируется в соответствии с рекомендованной величиной подушки расплава.                      (величина впрыскиваемого материала должна регулироваться точкой переключения, а не донабором дозы). Поскольку ручной набор дозы всегда признается бракованным, то соответственно и первый цикл литья, тоже. В случае, если имеется запас расплава и донабор не требуется, то новая доза, набранная в конце цикла признается годной. То есть из цикла в цикл доза набирается автоматически (при одинаковых условиях) и это гарантирует стабильное качество получаемого расплава.</p>



## Этап 2. Методика определения точки переключения



Условия	Параметры
<b>Исходное состояние машины (ТПА)</b>	Готовность машины к началу следующего цикла: форма раскрыта, гидравлический выведен, сердечники согласно программе, сопло согласно алгоритму работы сопла, доза (порция расплава) набрана, декомпрессия сделана, защитные и аварийные устройство в рабочем положении
<b>Начальные условия</b>	Скорость впрыска (профиль впрыска) установлена Установлено переключение на выдержку по положению (по объему) шнека Время выдержки под давлением равно 0 Давление выдержки под давлением равно 0 Время охлаждения завышено на 20-50% (заведомо завышено, гарантируется охлаждение отливки) Дублирующие механизмы переключения на выдержку и контрольные механизмы отключены Доза набранного материала на 5-20% превышает объем отливки (заведомо больше – имеется запас расплава полимера)
<b>Методика определения</b>	Назначается точка переключения на выдержку с намерением получить гарантированный недолив (обычно 70-80% от объема отливки) (есть исключения). Производится смещение точки переключения в сторону увеличения впрыскиваемого объема с целью определения минимального количества расплава, необходимого для заполнения всей полости формы. Перелив (облой) недопустим. Для многогнездных отливок допускается недолив некоторых гнезд не более 20%. В случае если полимер перемерзает ранее, следует скорректировать скорость впрыска.
<b>Ожидаемый результат</b>	Получение полнотелой отливки с минимальным весом. В некоторых случаях допускаются незначительные недоливы, облой недопустим. Оценка производится весовым методом или визуально. Отливка, как правило, имеет существенные поверхностные дефекты (утяжины), плохо сформированные линии спая, большая усадка.

### Этап 3. Методика определения давления выдержки

Условия	Параметры
Исходное состояние машины (ТПА)	Все условия этапа 2 с учетом, что точка переключения определена
Начальные условия	<p>Точка переключения на выдержку определена</p> <p>Время выдержки под давлением заведомо завышено</p> <p>Давление выдержки под давлением равно 0 (допустимо применения профиля выдержки)</p> <p>Время охлаждения завышено на 20-50% (заведомо завышено гарантируется охлаждение отливки)</p> <p>Дублирующие механизмы переключения на выдержку и контрольные механизмы отключены</p> <p>Доза набранного материала на 5-20% превышает объем отливки (заведомо больше – имеется запас расплава полимера)</p>
Методика определения	Производятся отливки с разным давлением выдержки от 0 и выше (как правило, давление выдержки ступенчато повышают), строится график изменения массы отливки от давления выдержки, определяется точка перегиба интенсивности роста. Либо оценивается качество изделия по другим показателям (например, размер, внешний вид, функциональная пригодность)
Ожидаемый результат	Получение полнотелой отливки при минимальном давлении выдержки, удовлетворяющей заказчика по качественным характеристикам. Оценка производится весовым методом, визуально или с применением иной измерительной техники. Отливка, как правило, не имеет поверхностных дефектов, с хорошо сформированными линиями спая, с усадкой в пределах нормы.



## Этап 4. Методика определения времени выдержки



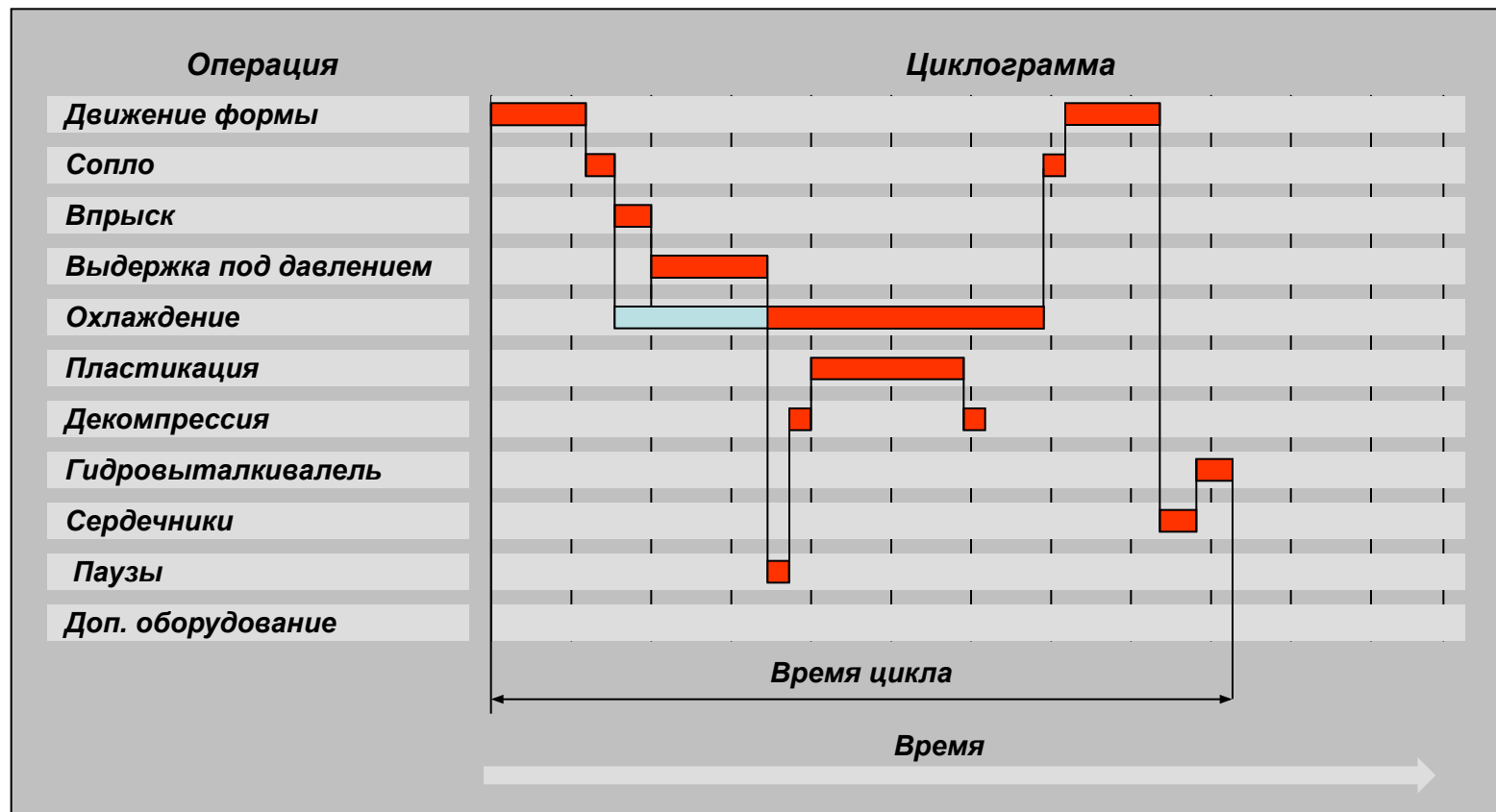
<i>Условия</i>	<i>Параметры</i>
<b>Исходное состояние машины (ТПА)</b>	Все условия этапа 2,3 с учетом, что точка переключения определена, давление выдержки определены
<b>Начальные условия</b>	Точка переключения на выдержку определена Давление выдержки под давлением определено Время выдержки под давлением заведомо завышено или занижено Время охлаждения завышено на 20-50% (заведомо завышено гарантируется охлаждение отливки) Дублирующие механизмы переключения на выдержку и контрольные механизмы отключены Доза набранного материала на 5-20% превышает объем отливки (заведомо больше – и имеется запас расплава полимера)
<b>Методика определения</b>	Производятся отливки с разным временем выдержки от 0 и выше или наоборот, строится график изменения массы отливки от времени выдержки, определяется точка прекращения роста. Либо оценивается качество изделия по другим показателям (например, размер, внешний вид, функциональная пригодность)
<b>Ожидаемый результат</b>	Получение полнотелой отливки при минимальном времени выдержки, удовлетворяющей заказчика по качественным характеристикам. Оценка производится весовым методом, визуально или с применением иной измерительной техники. Отливка, как правило, не имеет поверхностных дефектов, с хорошо сформированными линиями спая, с усадкой в пределах нормы.

## Этап 4. Методика определения времени охлаждения



Условия	Параметры
Исходное состояние машины (ТПА)	Все условия этапа 2,3,4 с учетом, что точка переключения определена, давление и время выдержки определены
Начальные условия	Точка переключения на выдержку определена Давление выдержки под давлением определено Время выдержки под давлением определено Время охлаждения завышено на 20-50% (заведомо завышено гарантируется охлаждение отливки) Дублирующие механизмы переключения на выдержку и контрольные механизмы отключены Доза набранного материала на 5-20% превышает объем отливки (заведомо больше – имеется запас расплава полимера)
Методика определения	Производятся отливки с разным временем охлаждения, от явно завышенного до минимально возможного, которое обеспечивает съем изделия. Качество оценивается по функциональным показателям (например, размер, внешний вид и др.) Следует иметь в виду, что окончательные размеры изделие принимает через 15 дней (однако более 90% постусадочных явлений проходят в первые 48 часов) (обычно дается 48 часовая выдержка серий изделий с разными временами охлаждения, после чего и оценивается пригодность) Производится корректировка скорости дозировки. Объем дозировки снижают до величин, обеспечивающих требуемую подушку расплава.
Ожидаемый результат	Получение полнотелой отливки при минимальном времени охлаждения, удовлетворяющей заказчика по качественным характеристикам. Оценка производится при стендовых испытаниях, визуально или с применением иной измерительной техники. Отливка, как правило, не имеет поверхностных дефектов, с хорошо сформированными линиями спая, с усадкой в пределах нормы. Время дозировки должно быть меньше времени охлаждения. Подушка расплава приводится к рекомендуемым величинам.

# Цикл литья под давлением термопластов (последовательный цикл)



## Параметры литьевого цикла: СМЫКАНИЕ ФОРМЫ



**Цель:** Обеспечить максимально быстрое и деликатное смыкание формы. Заблокировать форму с требуемым усилием запираения и обеспечить ее удержание во время впрыска, выдержки и охлаждения.

**Параметры:**

- скоростные участки
- скорости (профиль)
- предохранение формы
  - участок предохранения
  - усилие предохранения (профиль)
  - время прохождения участка предохранения
  - алгоритмы работы при срабатывании предохранения
  - кратность повторов
- параметры ускорений и торможений формы

## Параметры литьевого цикла: ПОДВОД СОПЛА

Цель: Обеспечить максимально быстрый подвод сопла, герметичность в течение впрыска, выдержки под давлением, и др. операций.

Параметры:

- Алгоритм работы (с отводом, без отвода)
- скоростные участки
- скорости (профиль)
- усилие прижатия (впрыск, выдержка под давлением)
- усилие прижатия (другие операции)
- паузы и задержки





## Параметры литьевого цикла: ВПРЫСК

Цель: Обеспечить заполнение полости формы полностью – без переливов и недоливов;  
Обеспечит заполнения каждого (любого) участка отливки с требуемой скоростью потока расплава

Параметры:

- скорость впрыска
- точка переключения
  - по объему (по пути)
  - по давлению литья
  - по времени
  - по давлению на датчике в форме
- ограничение давления впрыска
- время отмены блокировки подпитки



## Параметры литьевого цикла: **ВЫДЕРЖКА ПОД ДАВЛЕНИЕМ**

**Цель:** Обеспечить дополнительную подпитку отливки расплавом (по не застывшей сердцевине изделия) до момента перемерзания литниковой системы или элементов изделия для компенсации усадочных явлений в полимере.

**Параметры:**

- давление выдержки под давлением (профиль)
- время выдержки под давлением
- ограничение объемного расхода полимера



## Параметры литьевого цикла: ОХЛАЖДЕНИЕ

Цель: Обеспечить охлаждение полимерной отливки до состояния при котором может быть осуществлен сброс изделия без необратимых деформаций, коробления и усадки

Параметры: - время охлаждения  
- время отключения охлаждения формы при простоях





Цель: Набор дозы полимерного материала для последующего цикла. Декомпрессия.  
обеспечить высокую концентрационную и температурную гомогенность расплава

- Параметры:
- Объем пластикации
  - Скорость вращения шнека (профиль)
  - Реактивное давление (профиль) (специфика)
  - Паузы и задержки
  - Величина декомпрессии (до и после пластикации)
  - Скорость декомпрессии (до и после пластикации)

## Параметры литьевого цикла: ОТВОД СОПЛА

Цель: Обеспечить отвод сопла с целью прерывания контакта между литниковой втулкой и соплом во избежание охлаждения сопла или перегрева литниковой втулки во время продолжительного контакта.

Параметры: - скоростные участки  
- скорости (профиль)



## Параметры литьевого цикла: РАЗМЫКАНИЕ ФОРМЫ

Цель: Обеспечить максимально быстрое размыкание формы на расстояние достаточное для беспрепятственного сброса изделия с учетом особенностей конструкции формы и изделия (вакуумные эффекты, инерция, взвод механизмов)

Параметры: - скоростные участки  
- скорости (профиль)





**Цель:** Обеспечить максимально быстрый сброс изделия за счет перемещений системы сталкивания, а также обеспечить максимально быстрый ее возврат в исходное состояние.

**Параметры:**

- алгоритм работы гидравлического выталкивателя
  - количество независимых движений
  - фаза
  - перечень движений (вперед, назад, встряхивание)
  - фиксация положений после операции
  - кратность повторов
- скоростные участки
- скорости (профиль)
- усилие сталкивания (профиль)
- Усилие возврата
- паузы и задержки



**Цель:** Обеспечить тепловой режим цилиндра для обеспечения смежного плавления полимерного материала

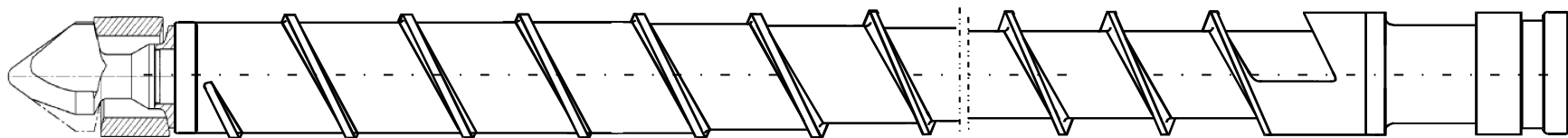
**Параметры:**

- Температуры по зонам
- Температура сопла
- Температура под загрузочной воронкой
- Температура снижения
- допуски на температуры
- особые режимы работы и контроля
- коэффициент использования нагревателей

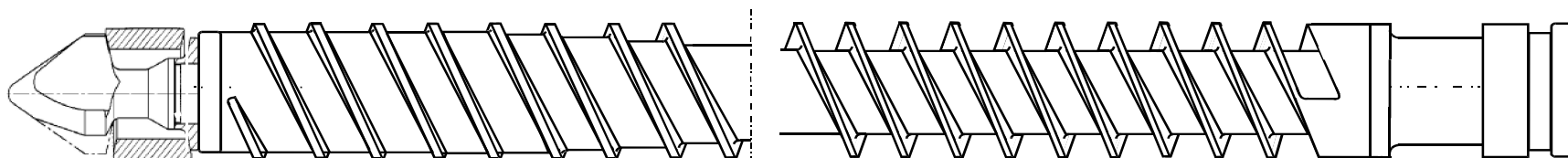


## Типовые конструкции шнеков для литья.

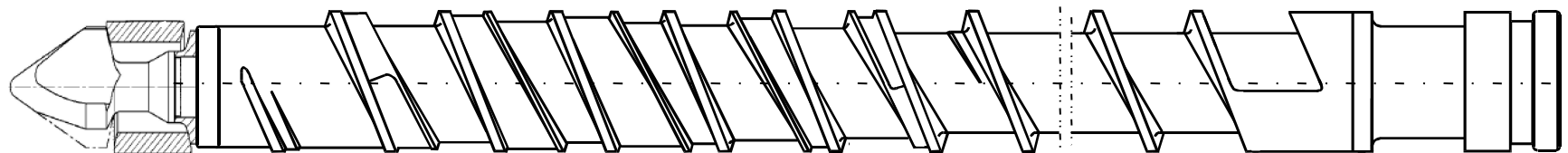
### Стандартный, однозаходный трехзонный шнек



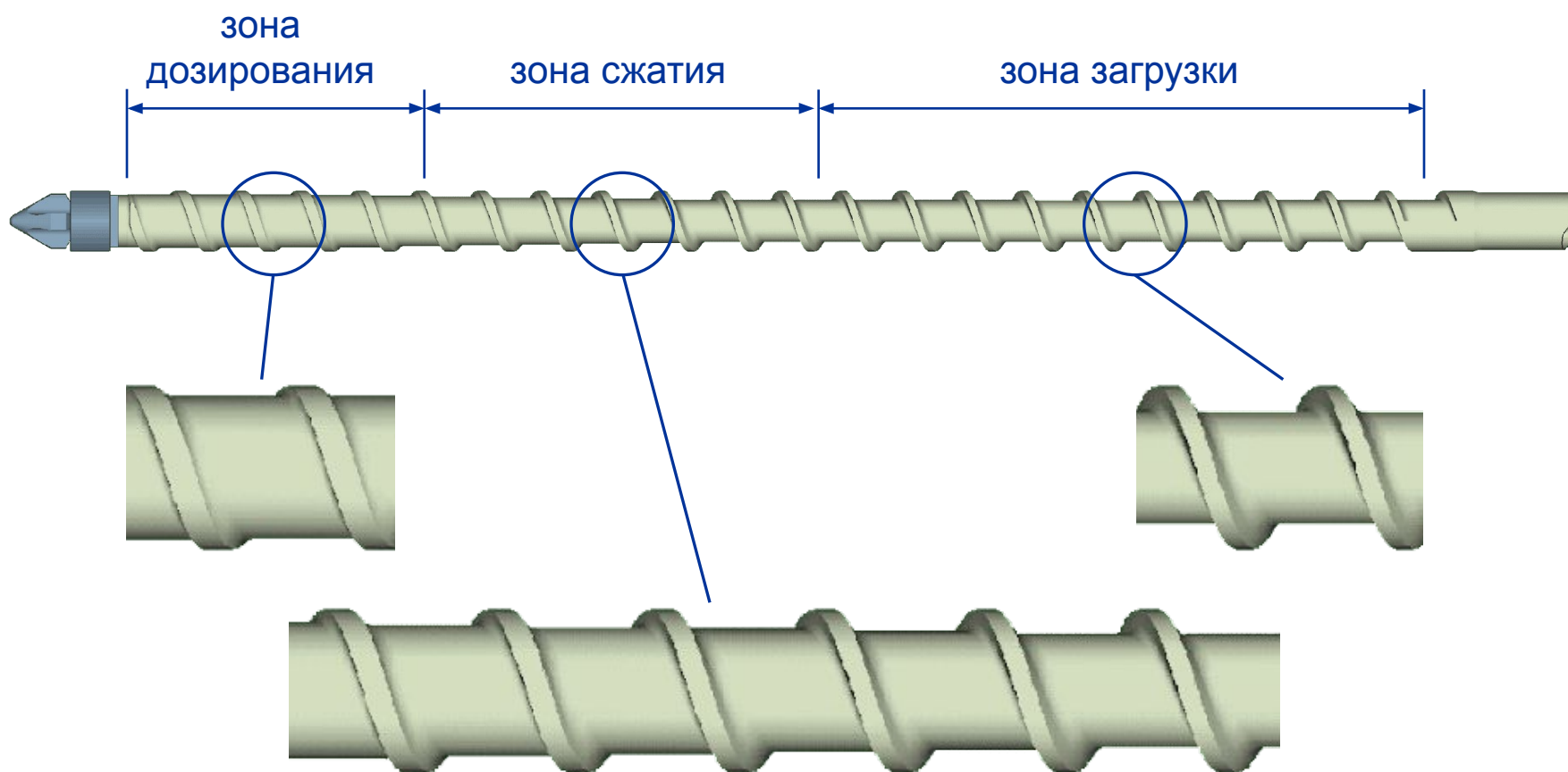
### Стандартный, двухзаходный трехзонный шнек



### Типовой однозаходный барьерный шнек



# Стандартный трехзонный шнек для термопластов



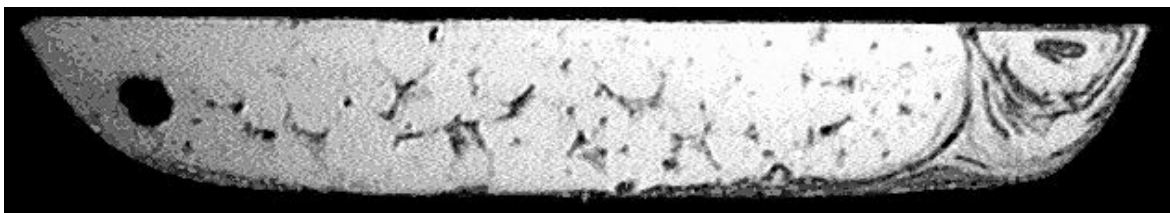
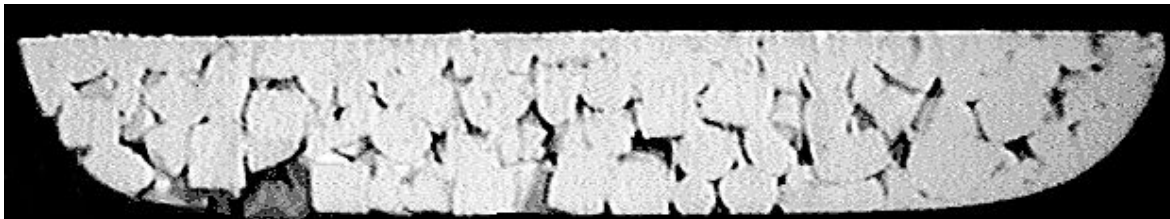


## Механизм контактного (смежного) плавления полимера (CSM)

Уплотненная пробка полимерного материала при контакте с материальным цилиндром образует тонкий слой расплавленного полимера, который снимается (срезается) режущей кромкой витка червяка. Таким образом, в зоне около режущей кромки червяка формируется зона расплава, которая постепенно вытесняет пробку нерасплавленного материала к тыльной стороне витка.

По данному механизму работают большинство одношнековых (одночервячных) экструдеров и литьевых машин.

# Цикл литья под давлением термопластов (последовательный цикл)





## Механизм дисперсного (рассредоточенного) плавления полимеров (DSM).

В случае дисперсного механизма плавления полимера нерасплавленные гранулы рассредоточены в массе расплава. Они уменьшаются в размере, пока не расплавятся полностью.

Данный механизм реализуется в высокоскоростных двухшнековых и возвратно-поступательных одношнековых машинах.



### При увеличении скорости вращения шнека

1. Время пластикации уменьшается
2. Однородность массы ухудшается
3. Тепловыделение за счет вязкого трения увеличивается
4. Температура массы увеличивается
5. Длина волокон армированных материалов уменьшается

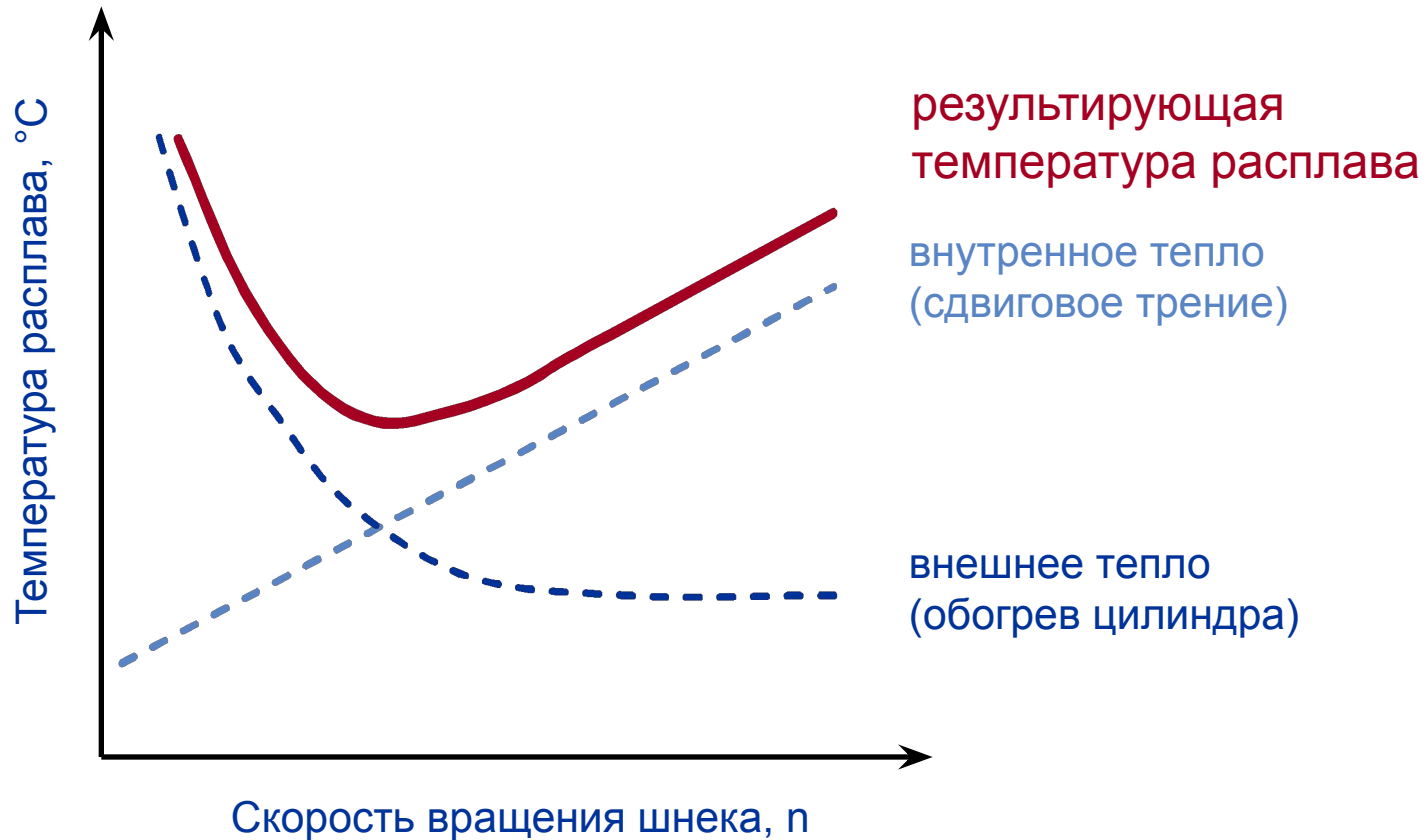
## Частота вращения шнека

### Рекомендации:

1. Частота вращения шнека должна устанавливаться по возможности низкой
2. Пластикация должна быть завершена незадолго до окончания времени охлаждения, непосредственно перед впрыском.
3. Если время пластикации значительно меньше времени охлаждения необходимо назначить задержку пластикации.
4. При объеме пластикации более 3D на последней четверти пути шнека для исключения температурной неравномерности частоту вращения снижают и увеличивают противодавление. (Основная причина заключается в изменении эффективной длины шнека. То есть расплав пластицированный в конце процесса дозирования будет иметь другое качество. По материалам М. Бихлера разность температур при дозировки более 3D может достигать более 16°C).
5. Линейная скорость вращения шнека не должна превышать допустимую для конкретного материала.
6. При высоких скоростях вращения шнека и малых объемах дозирования рекомендуется снижать скорость вращения шнека непосредственно перед окончанием пластикации. Это позволяет существенно сократить колебание объема дозирования и тем самым колебание в весе литого изделия.



# Влияние частоты вращения на температуру расплава





# Крутящий момент на шнеке: критерии и рекомендации

## Факторы, влияющие на крутящий момент:

1. **Материал.** Материал – первостепенный фактор, влияющий на требуемый крутящий момент. Различают три группы материалов. Как правило, материалы требующие небольшой крутящий момент допускают высокую линейную скорость червяка, и наоборот. Поэтому для пластикация труднотекучих материалов часто применяют тихоходные и высокомоментные приводы.
2. **Температурный режим.** Температурный режим оказывает существенное влияние на требуемый крутящий момент. Это имеет особое значение при объемах пластикация более 3D. В этом случае рекомендуют увеличить температуру в зоне загрузки и под загрузочной воронкой. (см. температурный режим)
3. **Скорость вращения.** Скорость вращения шнека сильно влияет на необходимый крутящий момент, но поскольку действует правило о назначении минимальной скорости вращения шнека, влияние этого параметра не столь существенно.
4. **Противодавление.** Оказывает незначительное влияние на требуемый крутящий момент (не превышает нескольких процентов).

## Рекомендации и примечания:

1. Рекомендуется иметь 20% запас мощности привода червяка, поскольку при пластикация (даже в случае оптимального температурного режима) возможно колебание крутящего момента 15%. Например, при переработке ПА, ПММА, PET достаточно небольшого изменения температуры для существенного изменения крутящего момента.
2. Высокий крутящий момент указывает на высокое тепловыделение за счет вязкого трения. Поэтому необходимо искать компромисс между высоким крутящим моментом, температурным режимом, скоростью вращения и противодавлением для достижения оптимального приготовления расплава. Оптимальное сочетание подведенного и диссипативного тепла позволяет качественно подготавливать полимер, избегая термического и термомеханического повреждения.
3. Слишком малые вращающие моменты могут указывать на некорректно установленный температурный режим цилиндра





Увеличение противодействия приводит:

1. Улучшению качества расплава (лучшая гомогенность)
2. Стабилизации дозирования
3. Снижению пластикационной производительности
4. Улучшению воспроизводимости работы затвора обратного потока (оптимальное противодействие)
5. Увеличению тепловыделения за счет вязкого трения (опасность термического повреждения материала)

# Цикл литья под давлением термопластов (последовательный цикл)



## Рекомендации:

- Для легкотекучих и легко плавящихся материалов противодействие назначают более низким, чем для труднотекучих.
- При дозировании материала более 3D на последней четверти пути противодействие поднимают на 50% для улучшения температурной однородности материала
- Для шнеков с более низким коэффициентом сжатия устанавливают более высокое значение противодействия и наоборот (Любая геометрия шнека обладает, так называемым, собственным или «заложеным» противодействием.)
- При переработке армированных материалов (стекловолокно, углеволокно) противодействие не должно превышать 20-50 бар, для предотвращения механического повреждения волокон

## Методика назначения противодействия:

На базе экспериментальных данных созданы рекомендации по назначению противодействия (см. рекомендации).

1. Установите нижний предел значения противодействия.
2. Если при этом время пластикации колеблется, то противодействие увеличивают на 20-50% (необходимо исключить возможность неравномерного питания в зоне загрузки: сводообразование, спекание полимера, подплавление суперконцентрата и др.)
3. Время пластикации может увеличиться на 5-10%. Если при этом нет перегрева материала (см. Температурный режим), а колебание времени пластикации существенно сократилось, то противодействие выставлено правильно.

# Цикл литья под давлением термопластов (последовательный цикл)



Материал	Рекомендуемое противодавление шнека (бар)	
	Трехзонный шнек	Барьерный шнек
ABS	50-150	30-50
PC/ABS	50-100	30-50
CA	50-100	30-50
PA 6	20-80	20-40
PA 66	20-80	20-40
PBT	50-100	30-50
PC	100-150	40-60
PEHD	50-200	30-50
PELD	50-200	30-50
PET	50-100	30-50
PMMA	100-300	40-80
POM	50-100	30-50
PP	50-200	30-50
PPO	30-100	30-50
PS	50-100	30-50
PVC-U	50-200	30-50
PVC-P	50-100	30-50
SAN	50-100	30-50



## Факторы влияющие на температуру расплава

1. *Температура пластикационного цилиндра*
2. *Скорость вращения шнека*
3. *Величина противодействия*

## Рекомендации по назначению температурного режима пластикационного цилиндра:

1. Температура под загрузочной воронкой (фланца) должна назначаться в согласии с температурой сушки материала. Данный параметр оказывает существенное влияние стабильность питания. Неправильное значение может приводить зависанию материала, спеканию гранул.
2. Температуры промежуточных зон назначаются согласно рекомендациям производителей пластмасс
3. Колебание установленных температур не должно превышать 3°C для термостабильных материалов. При малых диаметрах шнека и для термочувствительных материалов это значение должно быть уменьшено.
4. Влияние температуры расплава на вязкость для аморфных и кристаллизующихся полимеров различно. (при увеличении температуры на 1°C для аморфных полимеров приводит к уменьшению вязкости на 5-10%, а для кристаллизующихся не более, чем на 3%)
5. Чем больше отношение L/D тем выше температурная однородность пластицированной дозы.
6. Хорошее качество регулирования температуры цилиндра достаточно легко обеспечивается при коэффициенте использования нагревателей от 10 до 60%. (для изделий технического назначения 10 – 40%, зона загрузки и сопло 30-40%, другие зоны 10-20%; для изделий с коротким циклом 10 – 60%, зона загрузки 50-60%, сопло 20-30%, другие зоны 20-40%)
7. Для легкоплавких материалов плавление материала должно начинаться не ранее 3D, из-за опасности запираания воздуха в расплаве.
8. При малом объеме дозирования температуры в зонах загрузки и плавления следует назначать низкими, при большом объеме дозирования - высокими.

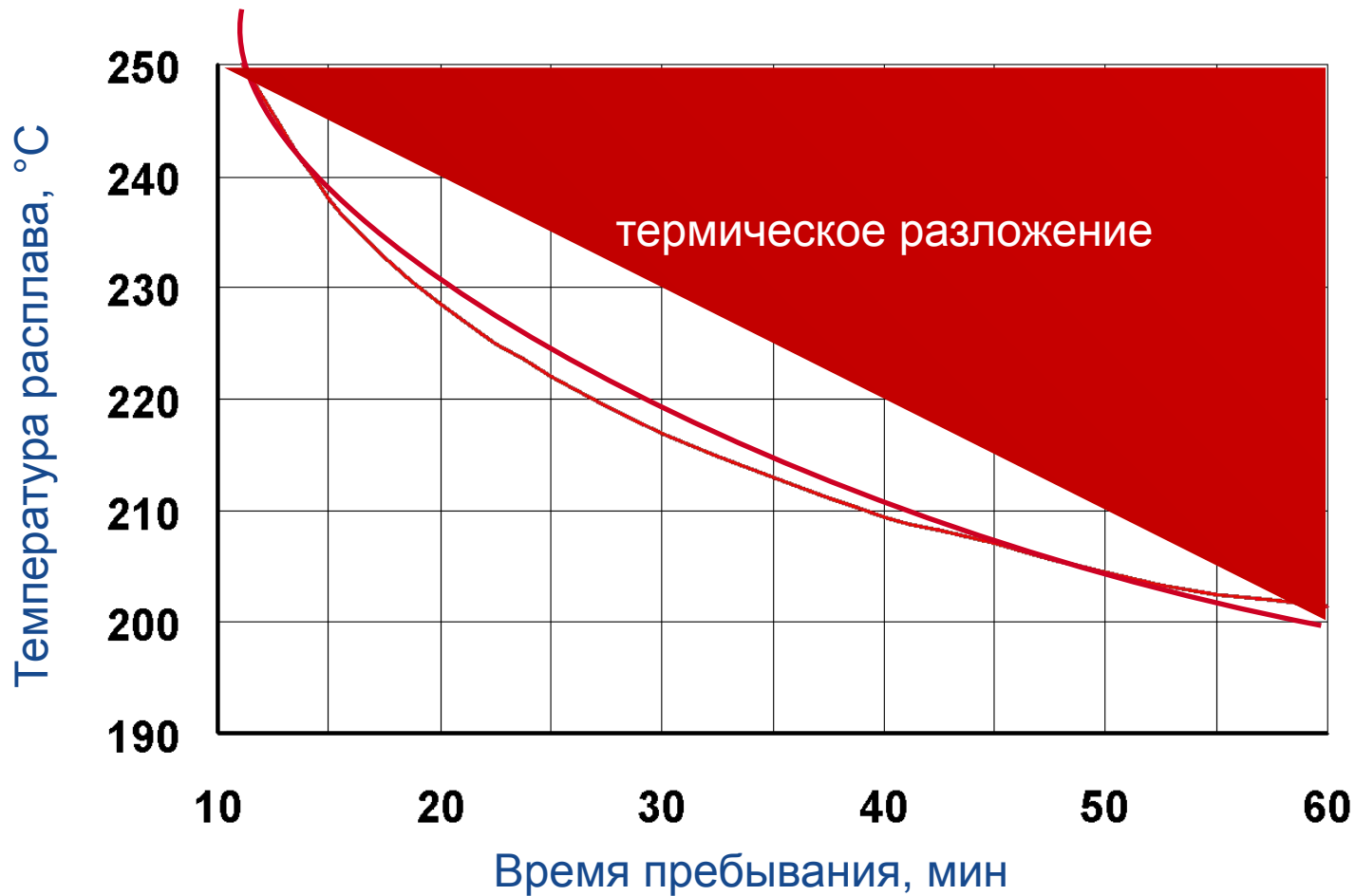


## Температура под загрузочной воронкой (фланца)

ABS	40 - 60
PS	30 - 50
SB	30 - 50
SAN	30 - 50
ASA	40 - 60
PE	30 - 50
PP	30 - 50
PC	70 - 90
PC/ABS	50 - 70
PA 6	60 - 90
PA 6.6	60 - 90
PA + GF	60 - 90
PMMA	60 - 80
POM	40 - 50
PPO	60 - 80
PET	100 - 120
PBT	50 - 70
CA	40 - 60
PVC - U	30 - 50
PVC - P	30 - 50



## Допустимое время пребывания (на примере РОМ)





# Остаточная подушка массы



**Остаточная подушка расплава** – это количество материала, которое к концу времени выдержки под давлением остается перед шнеком.

Задача остаточной подушки расплава – передача давления до конца времени выдержки под давлением и компенсация неточностей в работе затвора обратного потока, при дозировании, в установке точки переключения и др. (создание запаса материала).

Причины больших колебаний остаточной подушки расплава лежат в не оптимальной настройке машины. Дефектный затвор обратного потока так же может быть причиной колебаний остаточной подушки расплава

Работа без остаточной подушки расплава допускается в исключительных случаях.

## Колебание остаточной подушки массы

1. Колебание остаточной подушки расплава напрямую зависит от вязкости полимера. Например, для легкотекучих материалов, таких как ПЭ, ПП и ПА, колебание подушки расплава будет больше, чем для труднотекучих материалов ПММА, ПК и ПОМ. Это связано с повторяемостью работы затвора обратного потока. При переработке высоковязких полимеров стабильность работы затвора обратного потока выше.
2. При наличии в расплаве нерасплавленных гранул материала работа затвора обратного потока может существенно ухудшиться. Следствие – колебание остаточной подушки от цикла к циклу. (Требуется оптимизация температуры цилиндра, скорости вращения шнека и противодействия)
3. При движении шнека вперед во время впрыска, кольцо затвора обратного потока должно прижаться к опорному кольцу. Путь кольца может составлять от 1.5-2 мм для малых диаметров и до 5-6 мм для больших диаметров шнека. Часто при малых скоростях шнека наблюдается движение запорного кольца вместе с шнеком. Для улучшения срабатывания затвора обратного потока скорость шнека в начальный момент можно установить большую, а потом снизить до необходимого значения, при этом продолжительность перемещения шнека с большой скоростью может быть столь малой, что материал еще не попадает в оформляющую полость.
4. Аналогичная ситуация складывается при медленном подъеме давления. Затвор обратного потока долго остается открытым, а время его срабатывания сильно колеблется. Как и в пункте 3, в этой ситуации кратковременно и сильно поднимают скорость впрыска, что приводит к скачку давления. На диаграмме процесса такой скачек легко отслеживается.
5. На колебание подушки расплава существенно сказывается положение запорного кольца затвора обратного потока после окончания процесса дозирования. При неправильной установке величины и скорости декомпрессии положение запорного кольца относительно опорного кольца непостоянно. Это вызывает нестабильность в срабатывании затвора.



# Декомпрессия

1. Абсолютный отвод шнека должен превышать ход кольца затвора обратного потока.
2. Величина декомпрессии должна составлять 5-10% от хода дозирования.
3. Величина декомпрессии тем выше, чем выше установленное противодействие
4. Величина декомпрессии тем выше, чем больше ход дозирования
5. Чем выше декомпрессия, тем выше повторяемость работы затвора обратного потока.
6. При большой декомпрессии возникает опасность втягивания воздуха.
7. Величина декомпрессии установлена верно, если уменьшение ее на 1мм приводит к значительному уменьшению подушки остаточной массы и к увеличению ее колебания
8. Скорость отвода шнека при декомпрессии назначается равной скорости перемещения шнека при дозировании. Для низковязких полимеров и при высоких температурах переработки скорость декомпрессии устанавливается минимальной.



## Рекомендации и примечания к фазе впрыска

- 1. Производить впрыск настолько быстро, насколько это возможно**  
(Цель – впрыск расплавом одинаковой температуры)
- 2. Скорость заполнения на каждом участке изделия должна быть одинакова.**  
(Цель – равные условия заполнения полости формы на различных участках)
- 3. Скорость заполнения должна согласовываться с геометрией изделия**  
(Цель – предотвращение дефектов в зонах резкого изменения геометрии изделия: зона впрыска, острые кромки, изменение толщин).
- 4. Тепловыделение за счет вязкого трения при впрыске должна быть пропорциональна падению температуры.**  
(Цель – компенсация охлаждения расплава за счет энергии вязкого трения, учет опасности перегрева)
- 5. Температура расплава должна быть по возможности высокой**  
(Цель – уменьшение давления впрыска, снижение диссипативного разогрева материала и износа оборудования).



## Цикл литья под давлением термопластов (последовательный цикл)

Параметр	Режим впрыска	Режим выдержки под давлением (подпитка)
Управляемый параметр	Объемная скорость впрыска (профиль скорости)	Давление выдержки (Профиль давления) Время выдержки
Участок разрешенной реализации	От положения «исходная позиция) до положения «точка переключения»	От положения «точка переключения» до точки «0»
Контролирующий параметр безопасности	Ограничение давления впрыска	Положение шнека
Дополнительные параметры	Время отмены блокировки переключения на выдержку	
Контрольные или проверочные параметры	Время впрыска Давление впрыска Точка переключения	Давление выдержки Остаточная подушка расплава



# Переключение на выдержку под давлением



Различают несколько способов переключения на выдержку под давлением

## - Переключение в зависимости от хода шнека (наиболее распространенное)

Необходимые условия: точность дозировки, хорошая воспроизводимость работы клапана обратного потока

## - Переключение в зависимости от времени

Необходимые условия: высокая точность регулировки скоростей

## - Переключение в зависимости от гидравлического давления

Необходимые условия: высокая воспроизводимость процесса, высокая стабильность сырья

## - Переключение в зависимости от давления внутри пресс-формы

Необходимые условия: оснащение форм датчиками давления

# Давление впрыска. Ограничение давления впрыска.

**Давление впрыска** – текущее давление развиваемое в форкамере перед шнеком при впрыске расплава в полость формы.

**Ограничение давления впрыска** – величина давления впрыска, превышения которого недопустимо по каким либо причинам (защита формы, предельное распорное усилие, контроль технологического процесса и др.).

На практике процесс впрыска задается объемной скоростью впрыска, давление впрыска является лишь контрольным (ограничивающим, предохранительным) параметром либо дополнительным параметром в механизме переключения на выдержку под давлением.

В случае, если в процессе впрыска давление впрыска достигает ограничения давления впрыска происходит снижение скорости впрыска до значения при котором давление не превышает установленное ограничение.

Для оптимизированного технологического процесса **ограничение давления впрыска** рекомендуется устанавливать на 10% выше максимального давления впрыска.





## Определение времени выдержки под давлением через вес литого изделия

Основные параметры процесса должны быть установлены, и, по возможности, оптимально. При определении времени выдержки под давлением изменяется только **время выдержки**

Оборудование:

Весы лабораторные с точностью измерения от 0.1 до 0.001г.

Для прецизионных изделий и изделий до 5 г – точность измерения 0.001

Для изделий от 5 до 100 г - точность измерения 0.01

Для изделий от 100 г - точность измерения 0.1

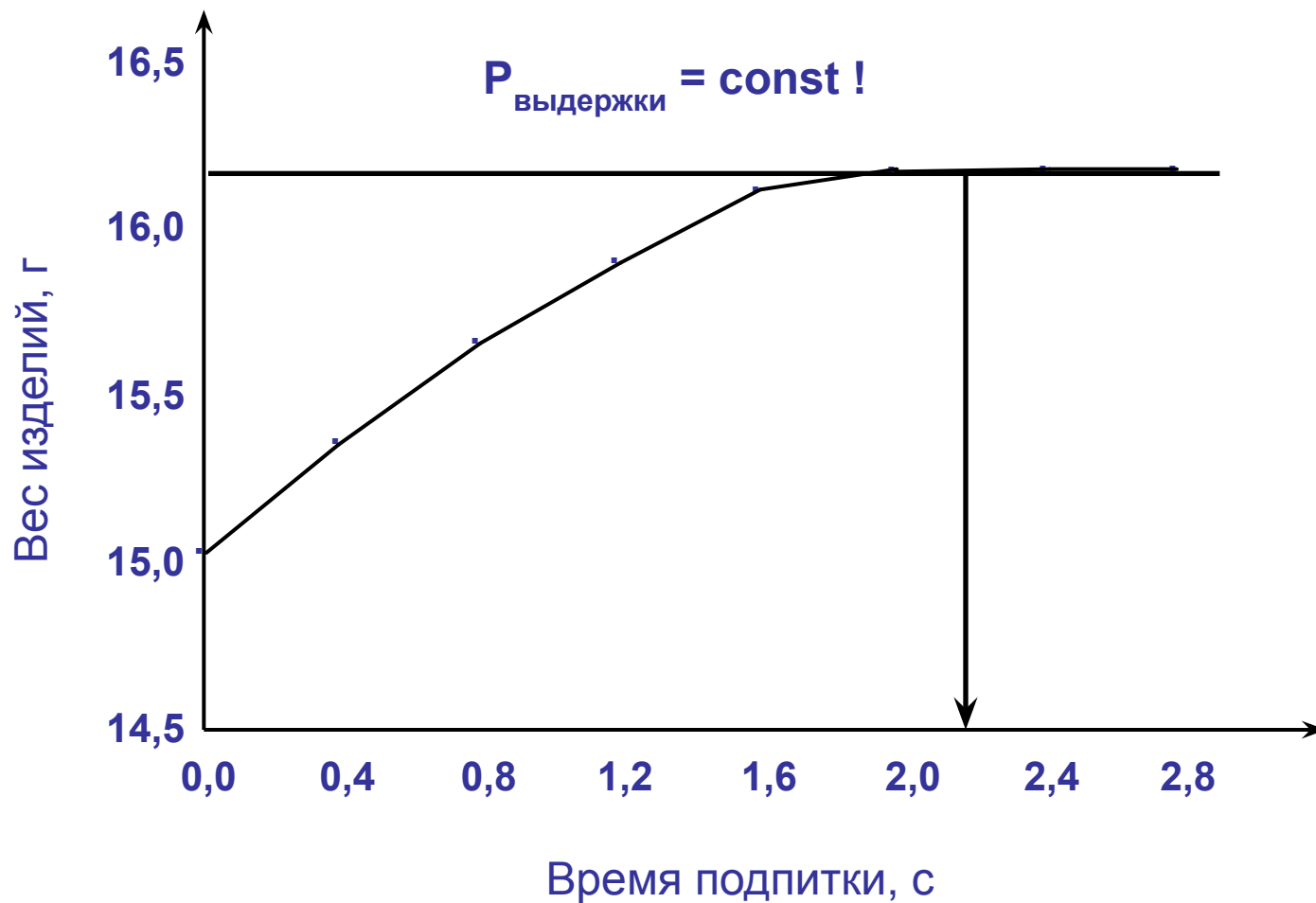
Методика.

1. Установить 70% времени выдержки под давлением от рекомендованного, исходя из толщины изделия (см. раздел «Охлаждение формы»)
2. Изготавливать по 5 изделий с увеличением времени выдержки под давлением на 0.5 с (или менее) до достижения 130% времени с выдержки под давлением.
3. Взвесить изделия и внести результаты в бланк или на график. Для повышения точности в отчет вносят вес пяти изделий.

С увеличением времени выдержки под давлением вес изделий увеличивается сначала интенсивно, а затем достигает максимума и более не увеличивается. Минимальное время выдержки при котором вес изделия больше не увеличивается, является оптимальным временем для выдержки под давлением.



# Установление времени выдержки под давлением (подпитки)



# Профиль выдержки под давлением



## Примечания и рекомендации:

1. При высоком и продолжительном давлении выдержки в изделии могут возникнуть высокие напряжения.
2. Давления выдержки и продолжительность его действия в отдаленных участках изделия меньше чем в зоне литника. Поэтому удержание высокого давления в течении всей выдержки под давлением приводит к перенапряжениям в зоне литника. В таких случаях назначают понижающийся профиль давления.
3. При необходимости изготовления изделий с повышенными размерами профиль давления выдержки можно сделать повышающимся. При таком профиле увеличиваются внутренние напряжения в изделии, но уменьшаются или пропадают полностью впадины и раковины.

## Требования к узлу смыкания. Усилие смыкания.



1. Узел смыкания должен обеспечить требуемые движения формы в максимально короткий промежуток времени
2. Узел смыкания должен обеспечить предохранение формы
3. Узел смыкания должен обеспечить требуемое усилие смыкания в течении впрыска, выдержки под давлением и охлаждения

# Назначение усилия смыкания



Усилие смыкания должно назначаться исходя из требуемого усилия смыкания с 10% запасом.

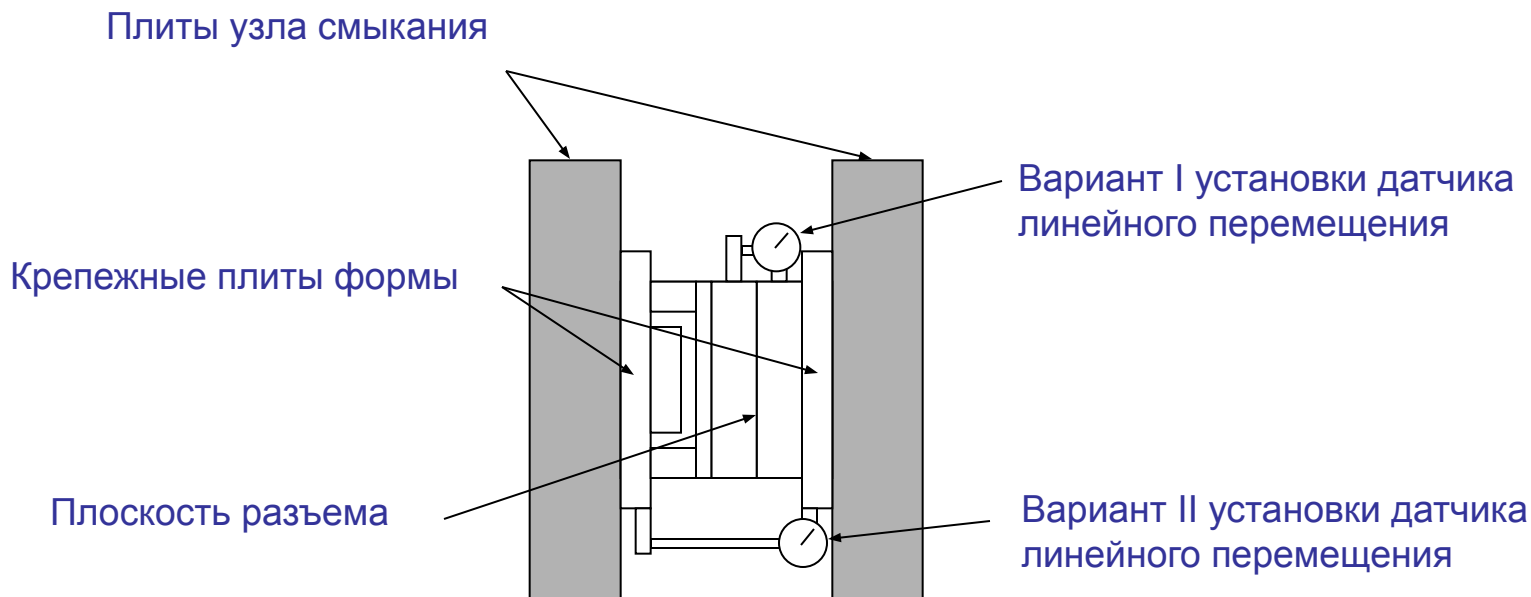
Основной метод назначения усилия смыкания – измерение «дыхания» формы.

Реализация метода.

## Оборудование:

1. Индикатор линейного перемещения (часового или электронного типа) с точностью не менее 0.01мм.
2. Весы лабораторные с точностью измерения не менее 0.01г.
3. Элементы крепления индикатора линейного перемещения

# Схема закрепления датчика для определения дыхания формы



При установке датчика по варианту I возможно измерение только «дыхания формы».

При установке датчика по варианту II возможно измерение осадки формы от усилия смыкания и «дыхания» формы.

## Методика проведения испытания.

1. Испытание проводится при уже налаженном технологическом процессе (давление впрыска, давление выдержки, точка переключения и др. ), но при заведомо завышенном усилии смыкания.
2. Производится юстировка датчика линейного перемещения при максимальном усилии смыкания
3. Уменьшая с максимального усилии смыкания производят отливки изделий. Вес отливок и показания датчика линейного перемещения вносятся в бланк.

### Примечания

1. Если датчик установлен по варианту II, в бланке отчета в графе «дыхание» формы следует добавить еще один столбец – осадка формы. А расчет дыхания формы необходимо проводить с учетом осадки формы.
2. Появление значения в столбце остаточное говорит об образовании облоя и определяет нижнюю границу требуемого усилии смыкания.
3. В некоторых случаях дыхание формы измерить не удастся, а изменение веса отливки наблюдается. В конструкциях форм такого типа плиты матрицы и пуансона не являются несущими, а усилии смыкания действует непосредственно на формообразующие. В таких ситуациях подбор усилии смыкания ведется только по весу отливки.



# Бланк отчета для определения требуемого усилия запыриания



Машина	ET 330 1450 NC4 System				
Форма	Ящик				
Материал	PS				
Усилие смыкания, кН	Дыхание формы, мм				Вес изделия, г
	Осадка формы	Впрыск	Выдержка под давлением	остаточное	
3000	0	0	0	0	435,50
2800	0,01	0,01	0,02	0,01	435,75
2600	0,01	0,01	0,02	0,01	435,75
2400	0,02	0,02	0,04	0,02	436,00
2200	0,04	0,04	0,07	0,04	436,50
2000	0,07	0,07	0,12	0,07	437,25
1800	0,12	0,12	0,21	0,12	439,00
1600	0,15	0,15	0,3	0,16	450,25

## Узел смыкания. Основные понятия.

**Усилие смыкания** – усилие, с которым происходит сжатие формы перед стадией впрыска

**Усилие удержания** – усилие, с которым производится удержание формы в сомкнутом состоянии во время впрыска, выдержки под давлением и охлаждения

**Распорное усилие** – разжимающая сила возникающая в результате действия максимального давления расплава на площадь проекции отливки.

**Остаточное усилие удержания** - это разница между усилием удержания и распорным усилием

**Осадка формы** – деформация формы под действием усилия смыкания (удержания)

**Дыхание формы** – раскрытие (разгрузка) формы под действием распорного усилия

**Предохранение формы** – особый режим смыкания формы в течении которого контролируется усилие смыкания при движении формы. (Режим предохранения задается **усилием предохранения, участком пути движения формы, временем прохождения участка предохранением формы и числом повторов смыкания формы.**)







## Параметры, влияющие на время охлаждения:

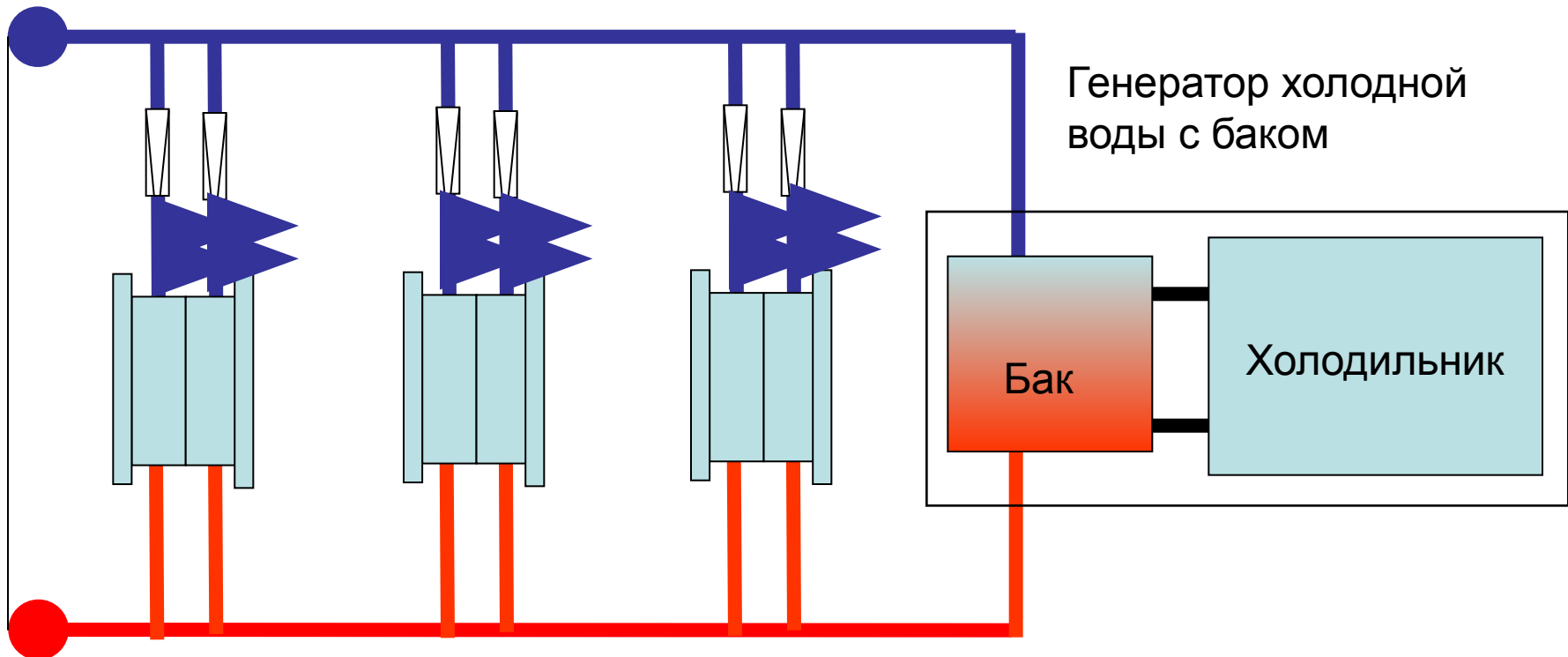
1. Толщина стенки изделия
2. Теплопроводность и теплоемкость расплава
3. Температура формы
4. Температура расплава
5. Температура съема изделия

# Термостатирование формы

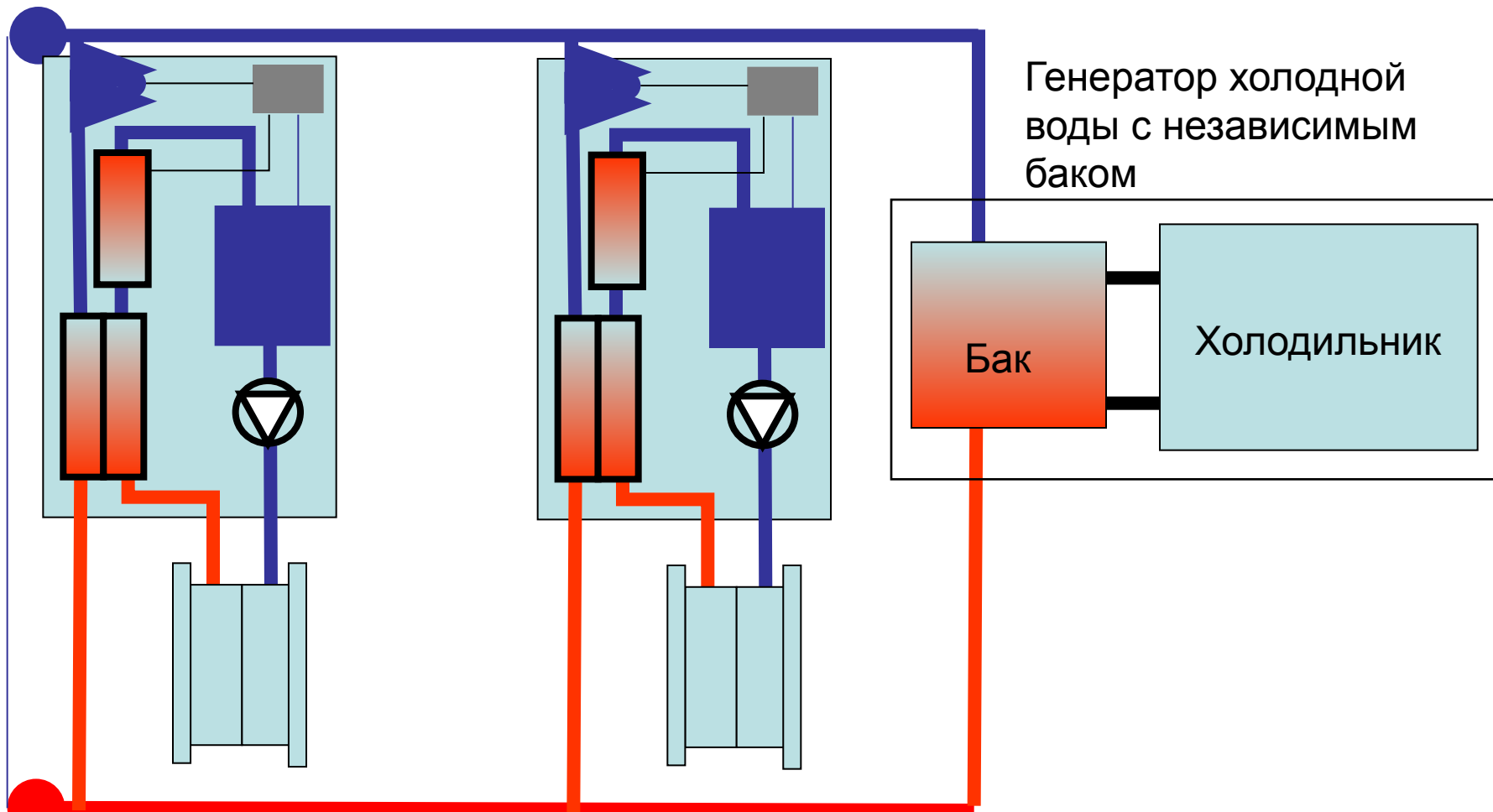


## Рекомендации и примечания

1. Время охлаждения, устанавливаемое в машине, является остаточным временем охлаждения. Общее время охлаждения включает в себя часть времени впрыска, время выдержки под давлением и остаточное время охлаждения.
2. Наибольшее влияние на скорость охлаждения оказывает температура формы. Изменение температуры оформляющей поверхности на 10 °С приводит к изменению времени охлаждения на 15-20%
3. Температура расплава также оказывает влияние на время охлаждения. Значение температуры расплава на 10 °С приводит к изменению времени охлаждения на 3%.
4. Система термостатирования формы должна обладать достаточной мощностью, чтобы обеспечить непрерывную работу формы. В противном случае между циклами устанавливается пауза.
5. Колебание температуры оформляющей поверхности должна быть минимальна.
6. Термостатирование холодноканальных форм должна прекращаться с остановкой процесса во избежание образования конденсата и коррозии. Остановка термостатирования на горячеканальных формах должно согласовываться с режимом работы горячеканального блока.

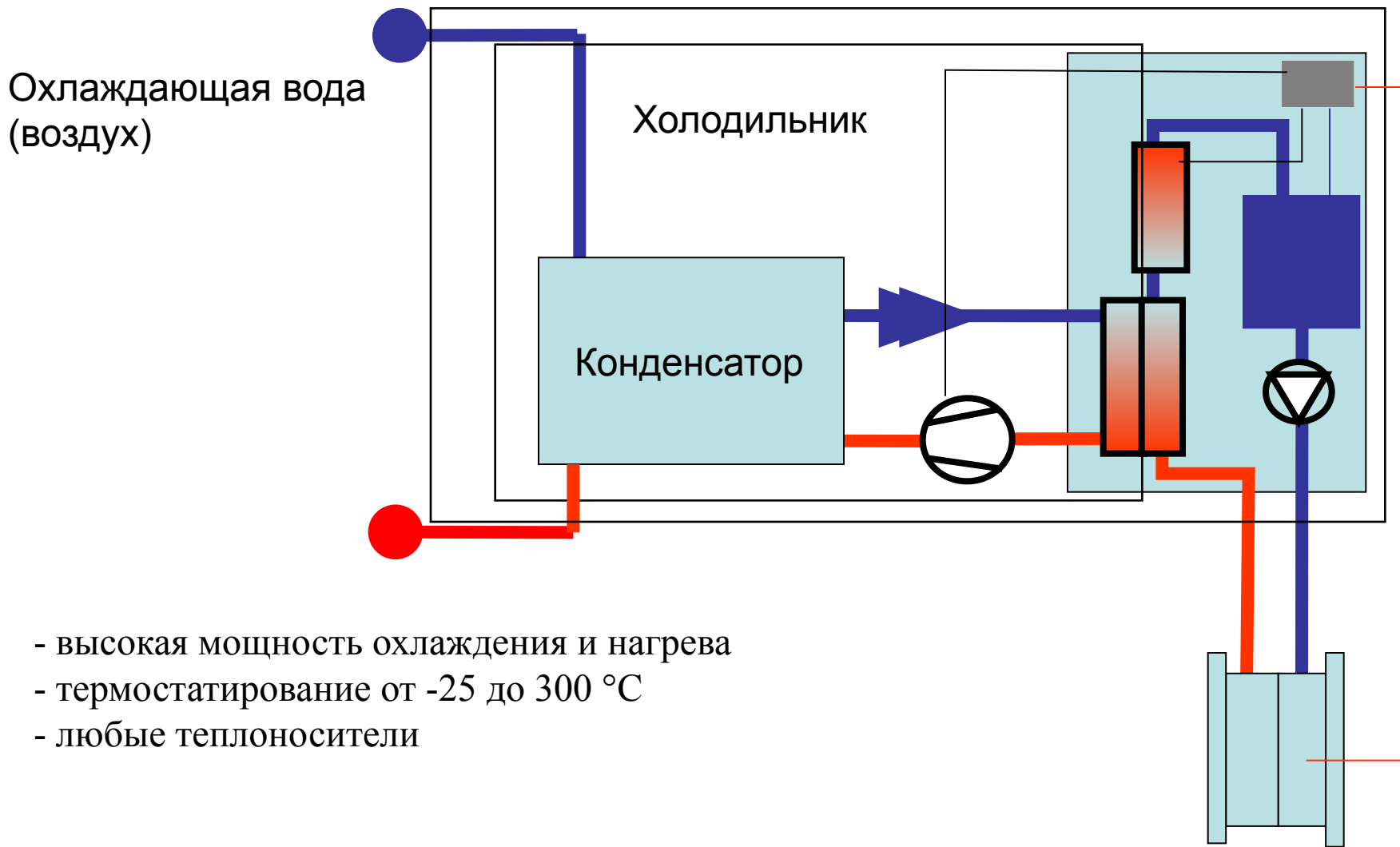


- **отсутствие обратной связи**
- температура теплоносителя постоянна
- невозможность нагрева теплоносителя
- переохлаждение формы при простое (коррозия)
- одна и та же температура для всех контуров охлаждения
- возможно применение ингибированной воды

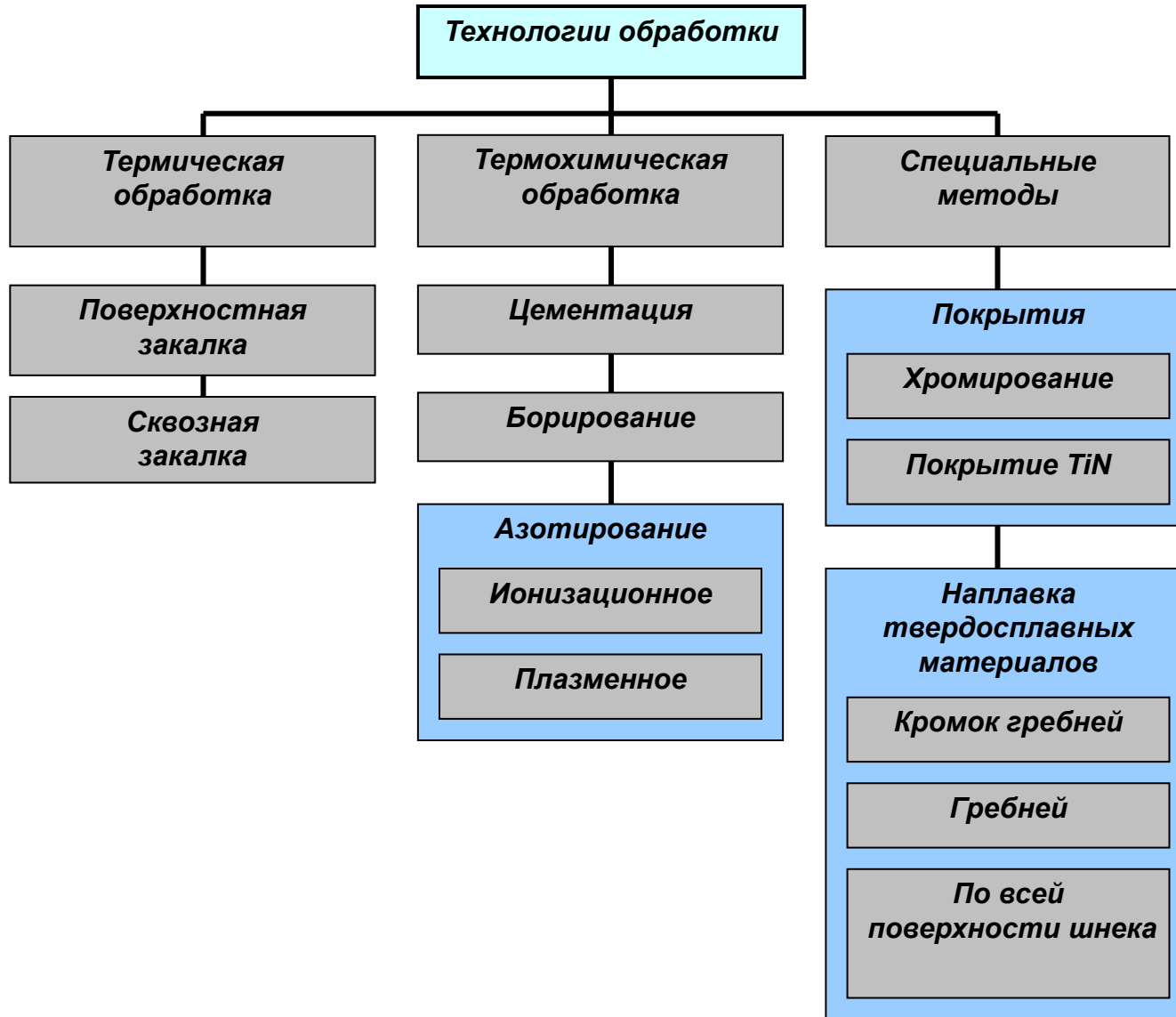


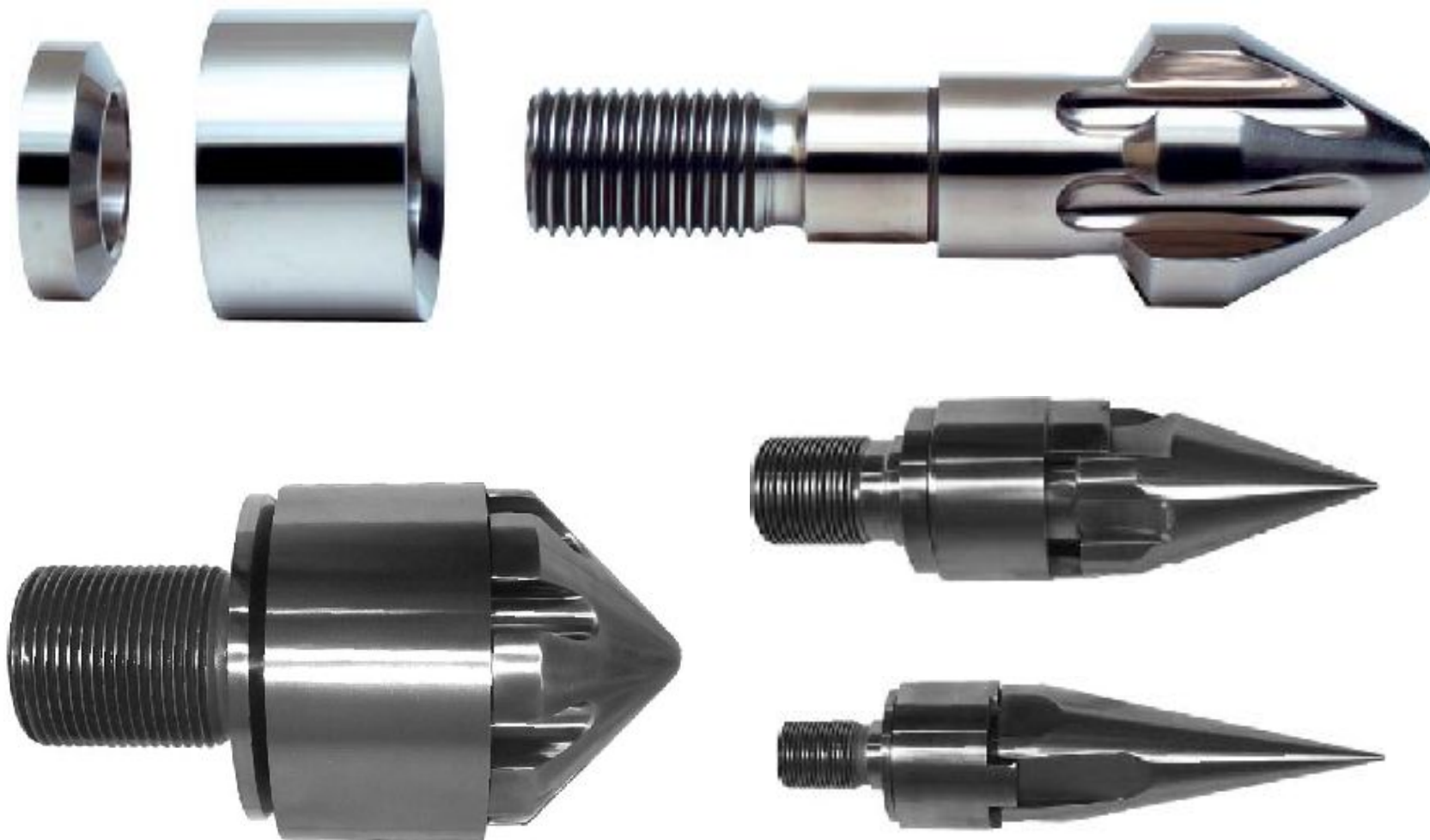
- высокая мощность охлаждения и нагрева
- термостатирование до 300 °С
- любые теплоносители





# Общая классификация дополнительных обработок и доработок шнеков для типовых процессов литья под давлением.





PLASTIC PROCESS EQUIPMENT, INC.



PLASTIC PROCESS EQUIPMENT, INC.  
PLASTIC PROCESS EQUIPMENT, INC.

