

# «Конструирование литниковых систем литьевых форм»

Дувидзон В.Г.

ООО «ИФ АБ Универсал» (г. Москва)

тел. 8 (495) 380 05 15

[info@abuniversal.ru](mailto:info@abuniversal.ru)

# Назначение литниковой системы

- транспорт расплава от сопла ТПА к формующей полости литьевой формы
- заполнить расплавом формующую полость
- обеспечить выдержку под давлением («подпитка»)

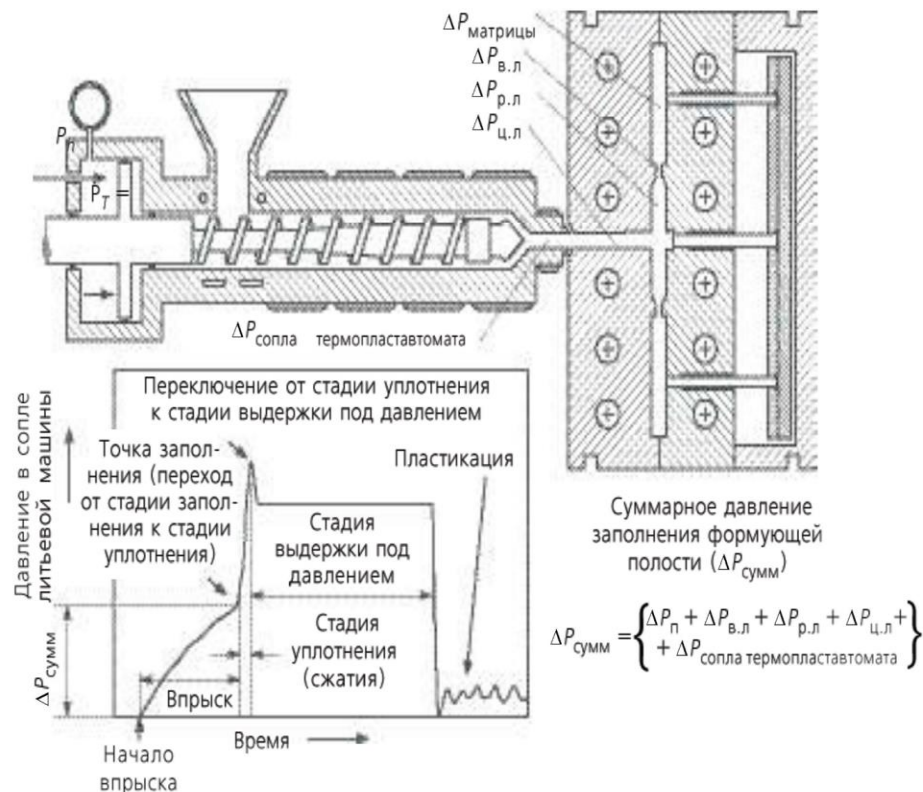


Рис. 2.16. Диаграмма изменения давления при заполнении формующей полости (зависит от параметров термопластавтомата и формы)

# Требования к литниковой системе

- фаза впрыска расплава:
  - *минимальные потери давления и температуры*
  - *балансировка подачи расплава в гнёзда:*
    - одновременное и однородное заполнение всех формирующих полостей
  - *скорость впрыска расплава*
- фаза выдержки под давлением:
  - *компенсация усадки*
  - *вес и геометрия изделия*
  - *отверждение во впускных литниках должно осуществляться одновременно*

- следы на изделии:
  - *от литников*
  - *от постобработки при удалении литников*
- затраты на постобработку отливки:
  - *отделение, хранение, вторичная переработка литников*
- трудоёмкость изготовления и ремонтпригодность
- усилие запираания ТПА
- время цикла

# Типы литниковых систем: ХК, ГКС, гибрид

*Types of Hot Runner Systems*

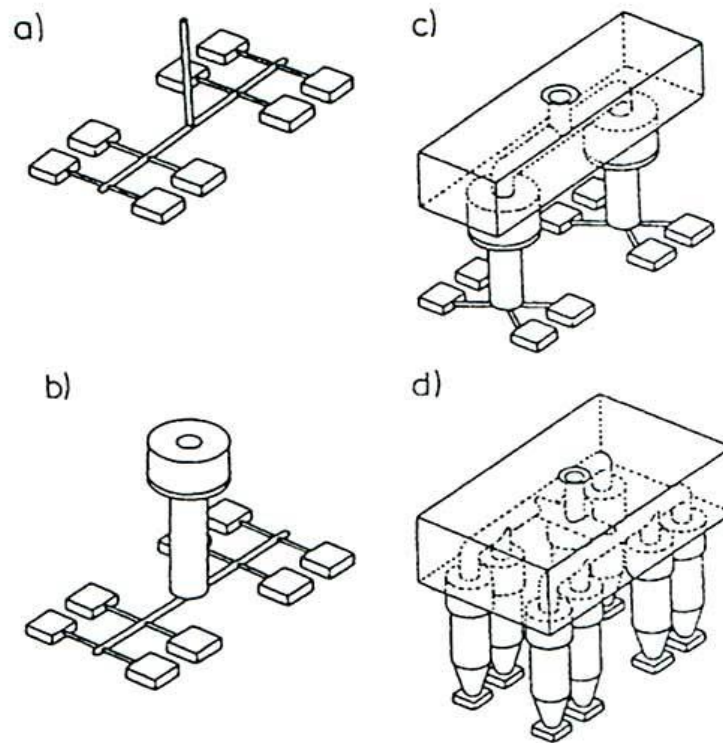


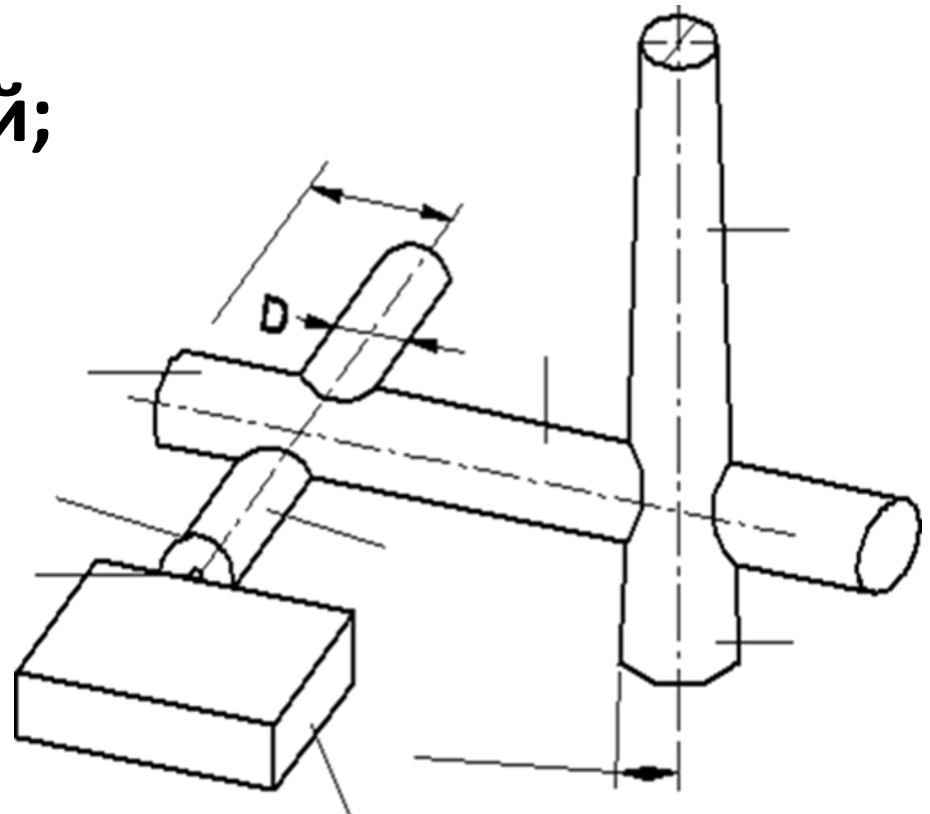
Figure 1.5 Gating system variants in 8-cavity mould

a - CR; b, c - HR-CR; d - HR

*(Reproduced with permission from Helldin A.B.)*

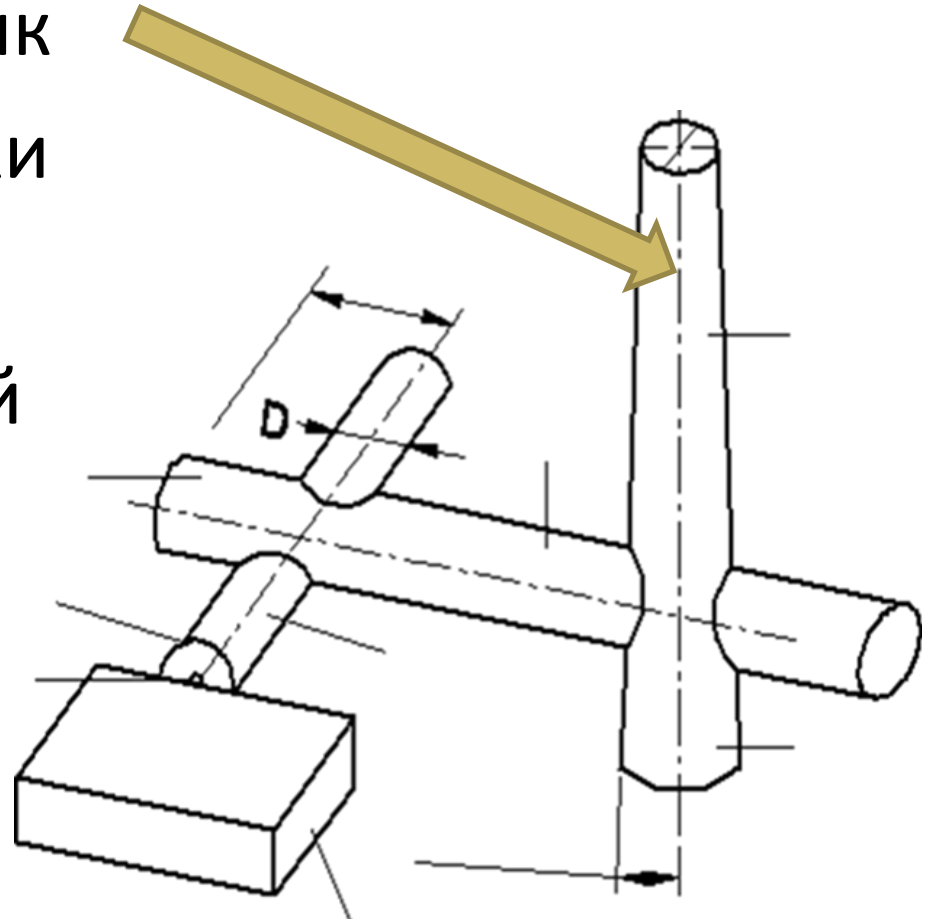
# Холодноканальная литниковая система

**Литники охлаждаются вместе со всей отливкой и извлекаются из литейной формы каждый цикл литья;  
отделяются от изделий;  
утилизируются;**



# Структура

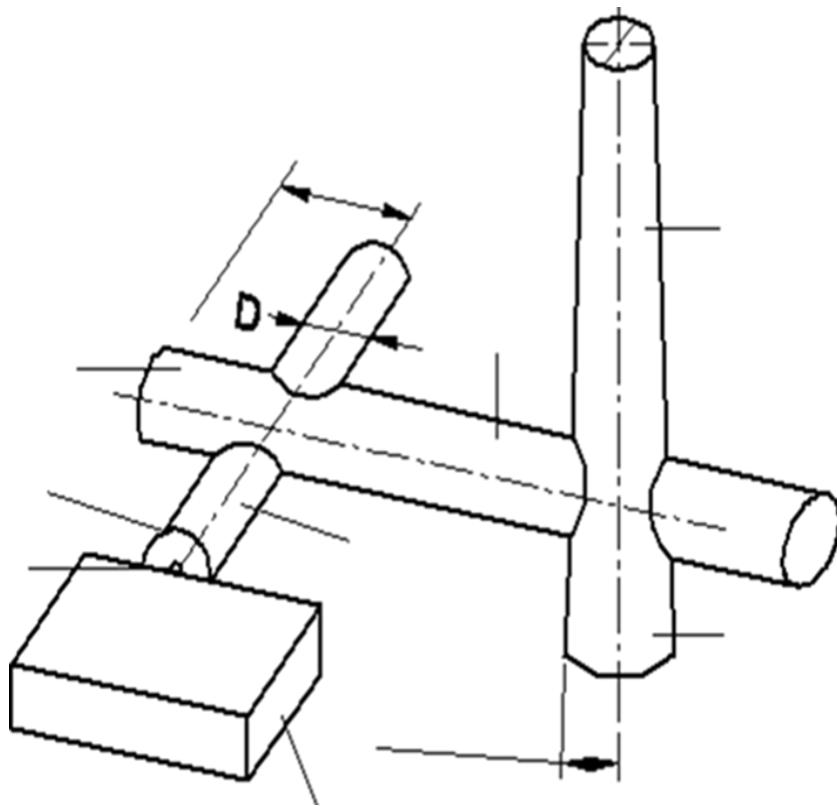
- Центральный литник
- Разводящие литники
- Впускной литник
- «Ловушки холодной капли»



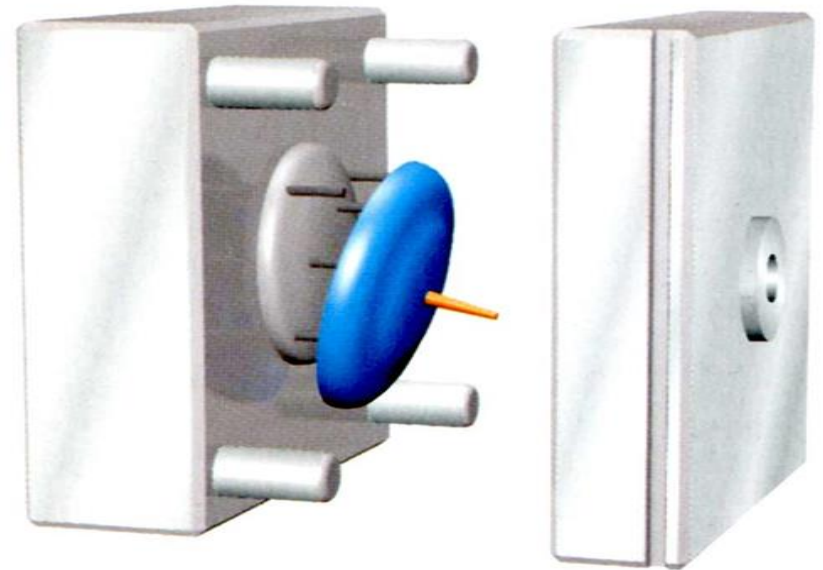
# Центральный литник

В изделие

В разводящий литник

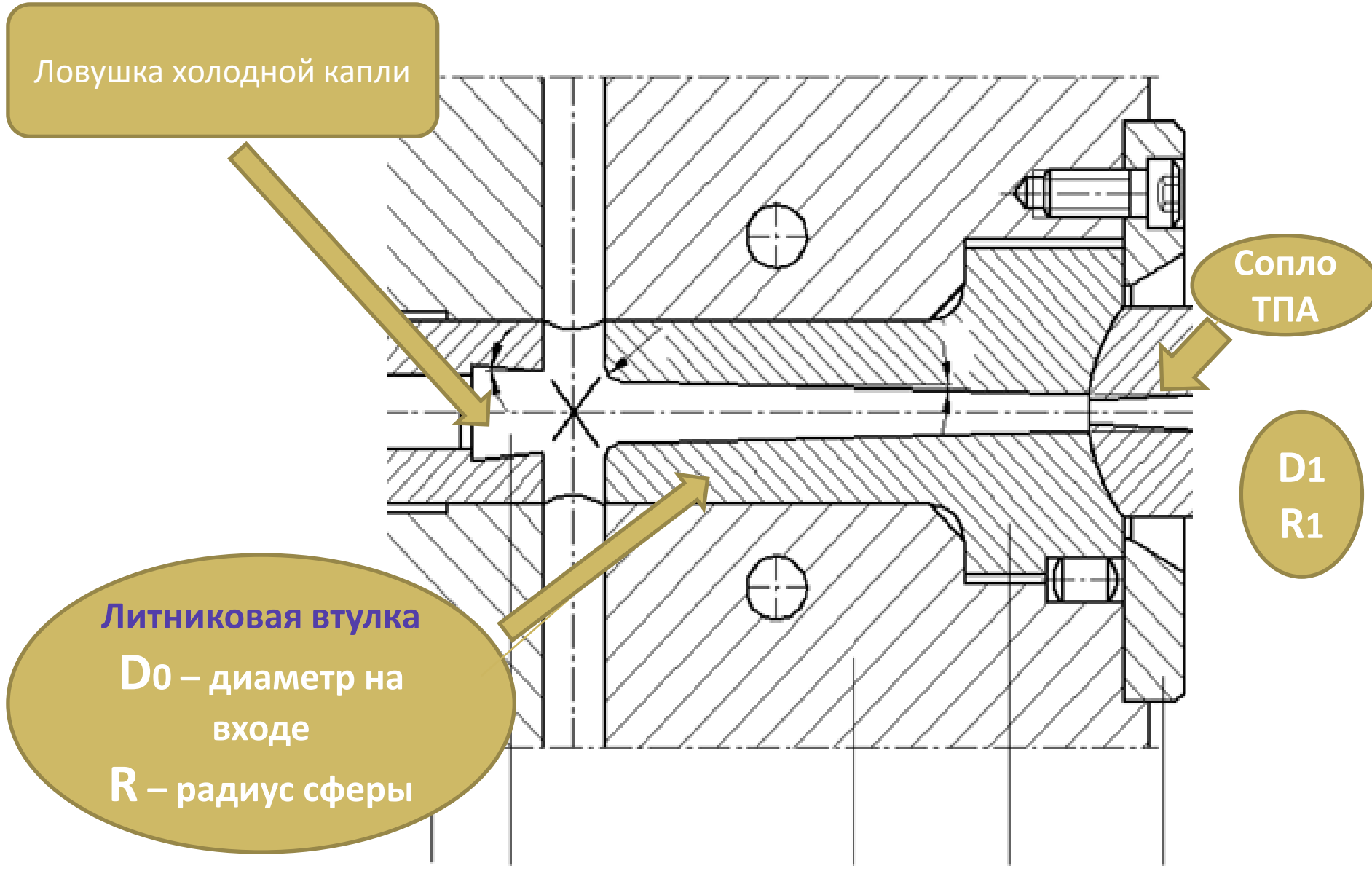


- $D_0$  – диаметр на входе
- $L$  – длина литника
- $\alpha$  – угол конусности



**Figure 8.2** Single cavity mold with a direct sprue feed

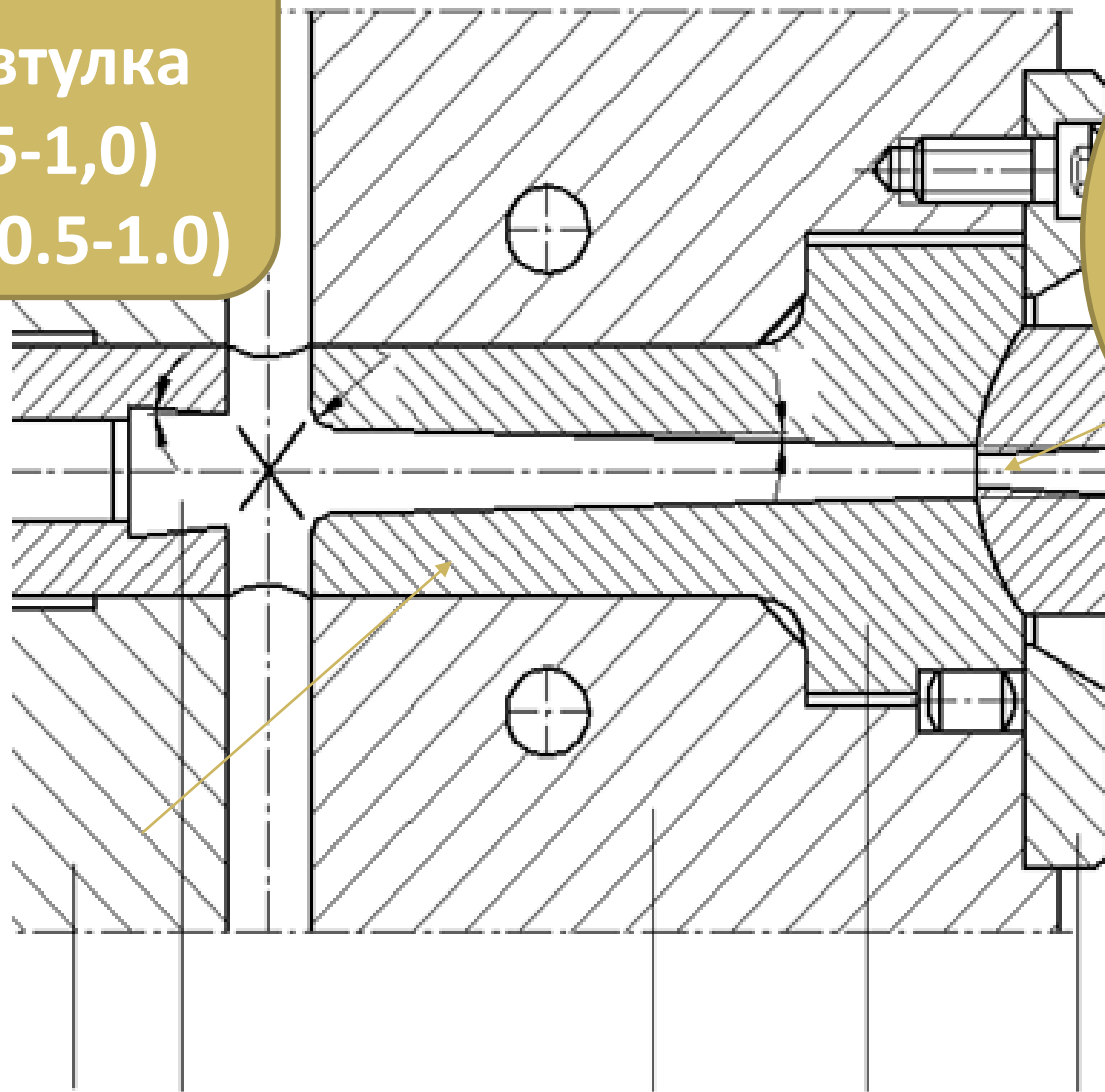
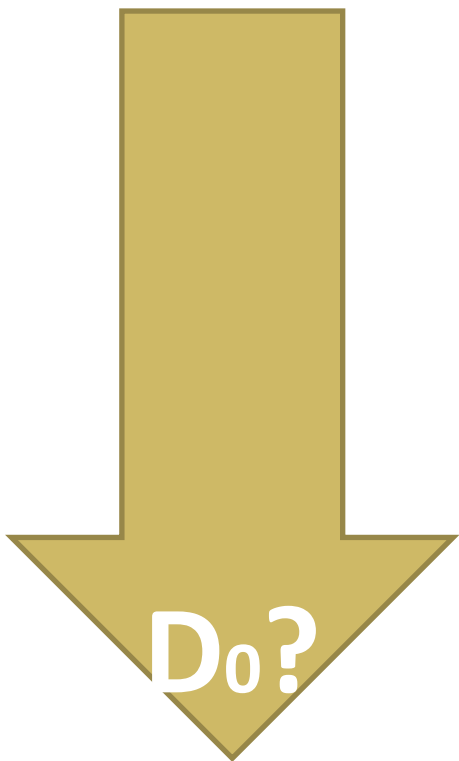




**Центральный литниковый канал, рис. 5.15**

Сопло ТПА и  
Литниковая втулка

$$D_1 = D_0 - (0.5-1,0)$$
$$\text{сфера } R = R_1 + (0.5-1.0)$$



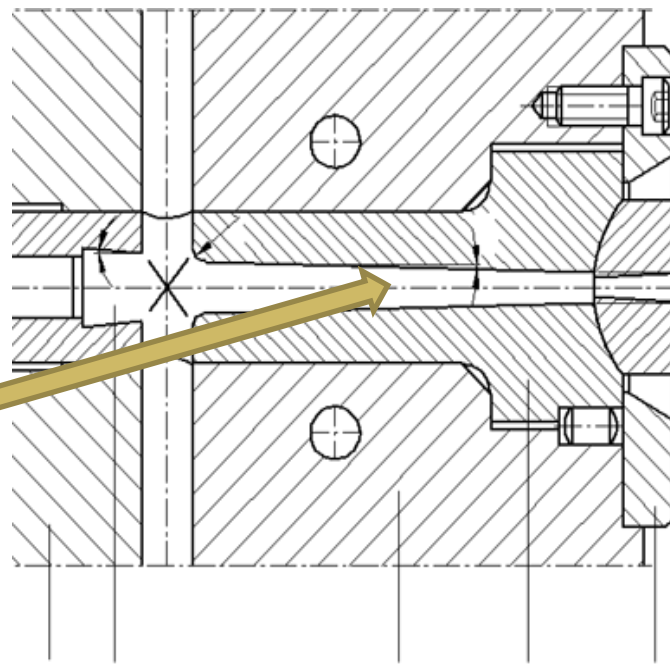
$D_1$   
Сфера  
 $R_1$

**Центральный литниковый канал, рис. 5.15**

$$D_0 \geq S_{\max} + 1 \text{ (мм)}$$

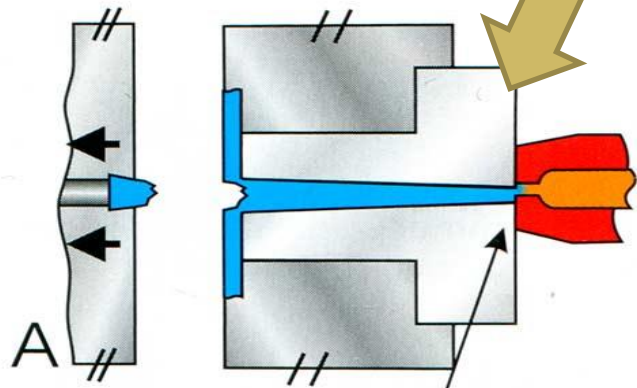
Менгес Г. и др. Как делать литевые формы. СПб., «Проф.», стр. 223

$\alpha = 1^\circ, 2^\circ, 3^\circ$   
ТЕР?

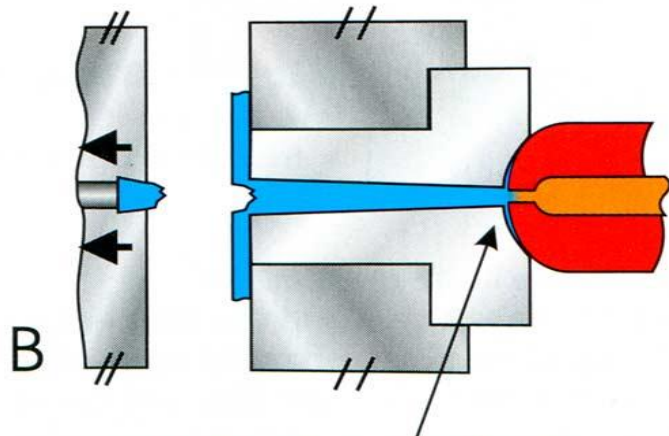


**Центральный литниковый канал, рис. 5.15**

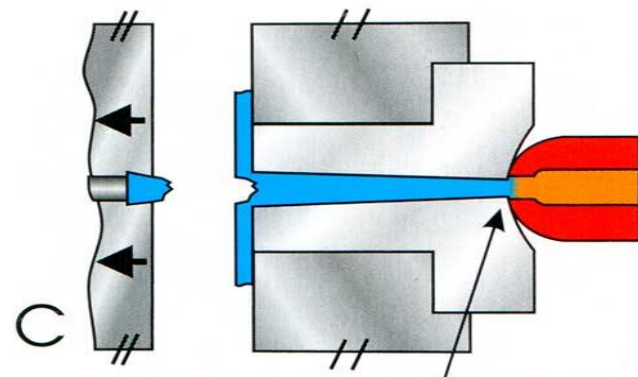
# Литниковая втулка / сопло ТПА



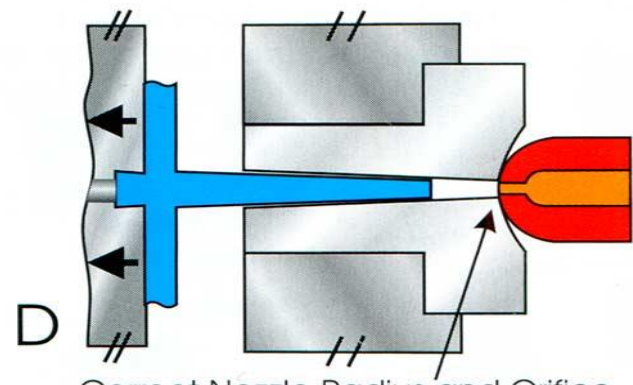
If the nozzle and sprue bushing are not radiused a misalignment can cause an undercut.



If the nozzle radius is larger than the radius of the sprue bushing an undercut is created.



If the Sprue "O" diameter is too small an undercut is created.



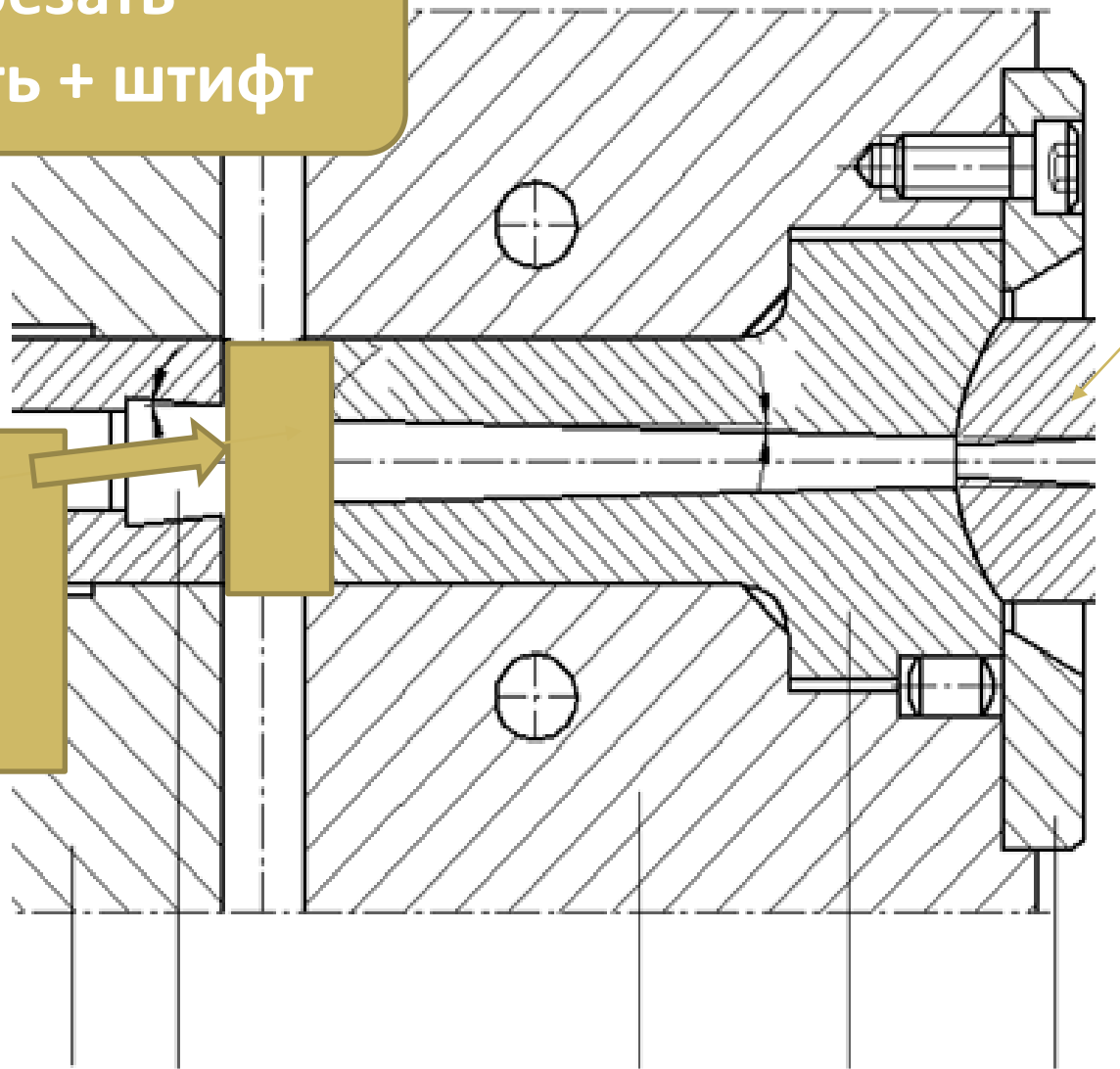
Correct Nozzle Radius and Orifice Diameter Provide for Proper Ejection

**Figure 8.3** Effects of nozzle positioning, radius and orifice size on ejection of the sprue in a cold runner mold

Торец: не подрезать -  
Профилировать + штифт

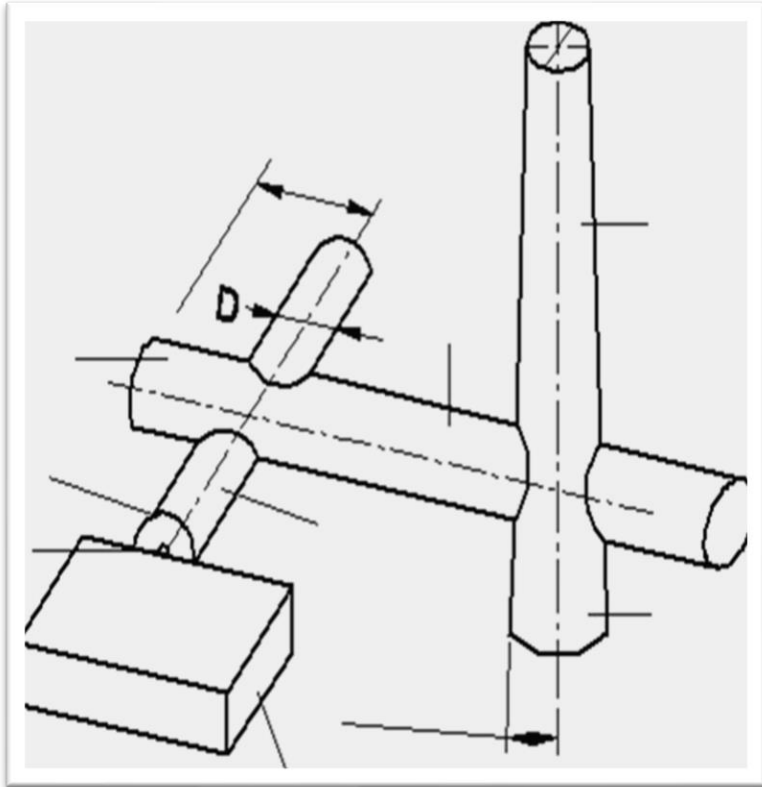
«Шайба»

Остановка потока  
Время охлаждения  
Расход материала



**Центральный литниковый канал, рис. 5.15**

# Впускные литниковые каналы



*Соединяют разводящие каналы с формующими полостями*

*Обеспечивает течение расплава*

Точка впуска

Количество точек

Типы впускных литников  
*открытый/туннельный*

# **Открытый впускной литник**

*Толщина: (0,6-0,8) от толщины изделия (!)*

*не менее 2,5 мм – для стеклонаполненных материалов*

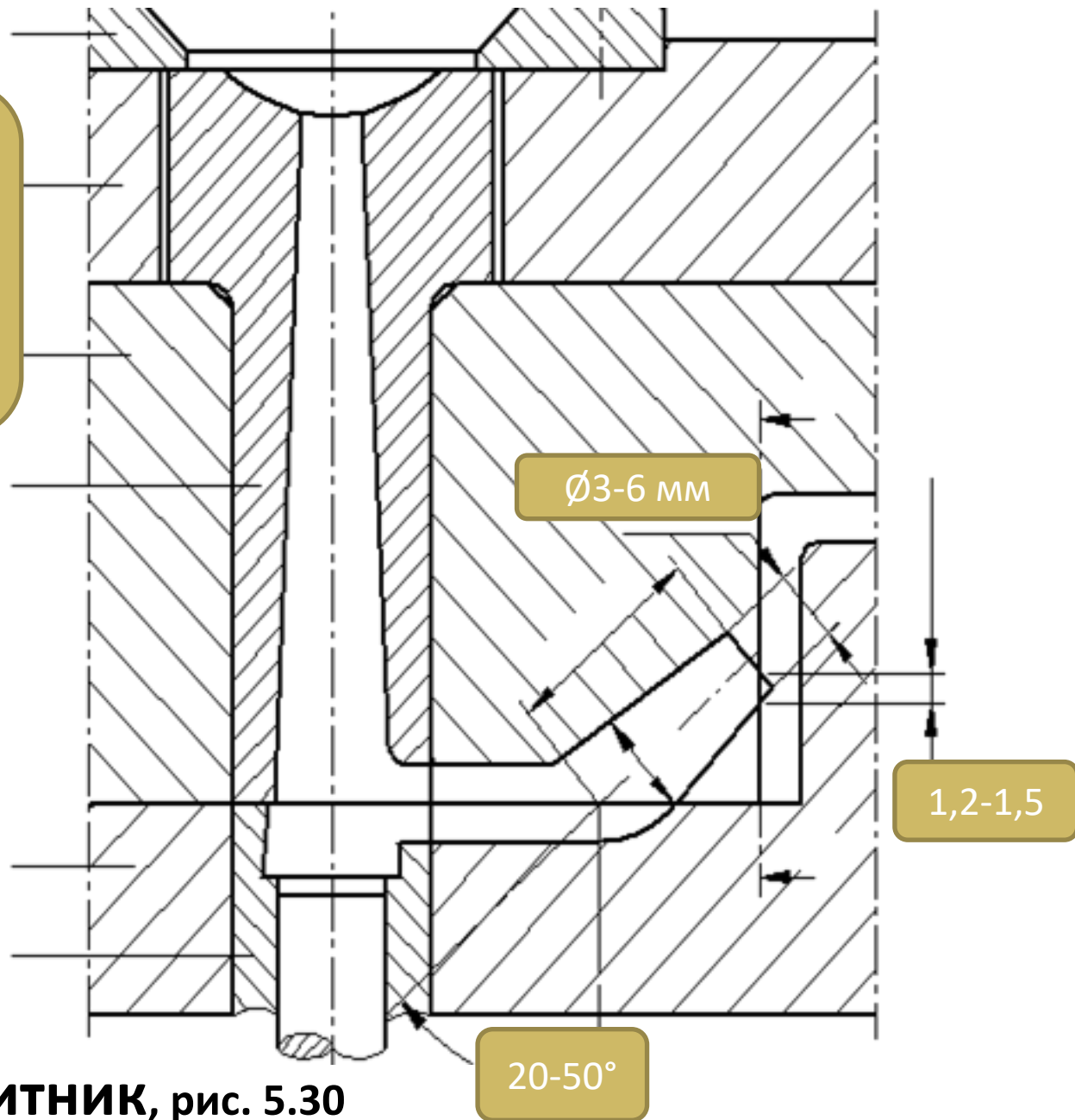
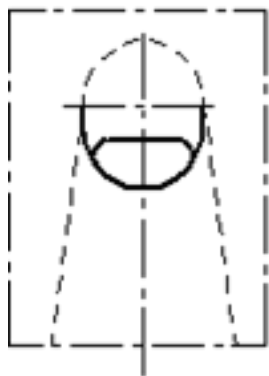
*Выдержка под давлением продолжается пока не перестыл впускной литник (!)  $\approx 2 t^2$*

*Длина: до 1,5 мм (максимум, !)*

**Проблемы отделения от изделия:**

- *механически (кусачки, обогреваемые кусачки, пневматические кусачки,...)*
- *фрезеровать*
- *оторвать руками*

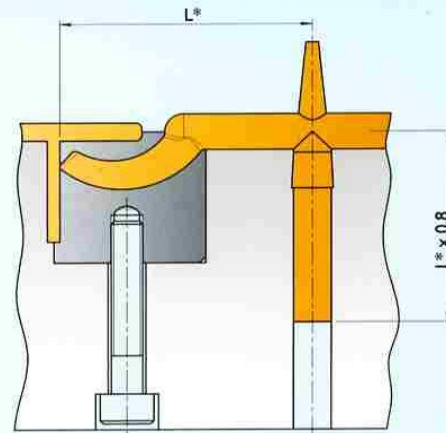
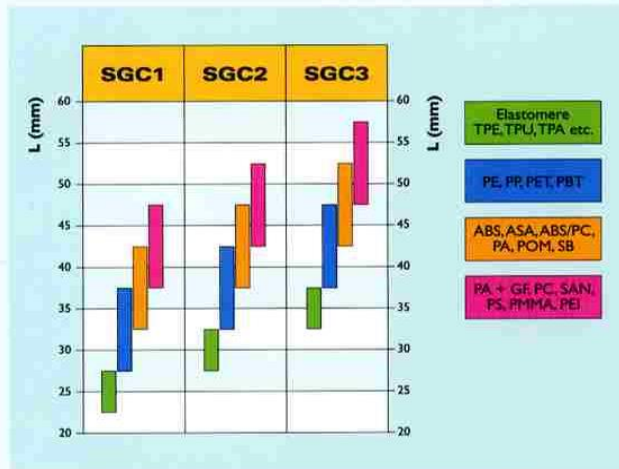
Конус:  
длина  $\leq 50$  мм,  
5-20°



**Туннельный ЛИТНИК, рис. 5.30**

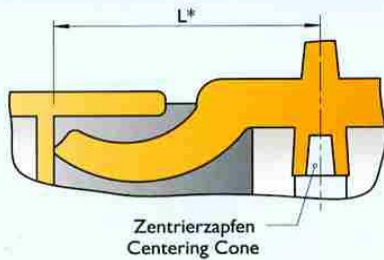


**Diagramm für Abstandsmaß L** Diagramm for distance L



\* L= (vom Auswerfer bis zum Anspritzpunkt)  
L= (from ejector up to gate point)

**Einbauanleitung (TPE)** Installation instruction (TPE)



**Thermoplastische Elastomere (TPE)**

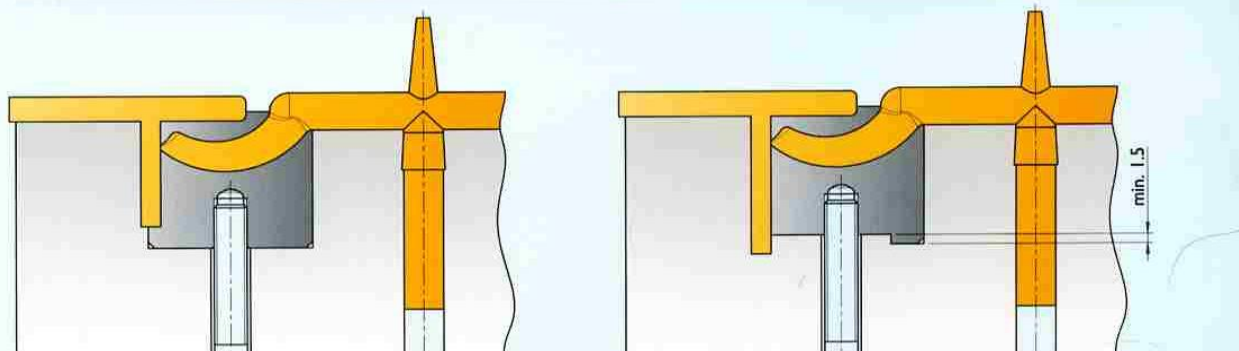
- Kleine Shorehärte = geringeres Abstandsmaß L
- Führungszapfen verwenden
- Shorehärte max. 100 Shore A.

**Thermoplastic elastomers (TPE)**

- Low Shore hardness = shorter distance L
- Use centring cone
- Max. hardness max. 100 Shore A.

«Кешью»  
или  
«Банан»

**Einbauanleitung für Konturbearbeitung** Installation instruction for contour machining



# Проливаемость/ длина затекания расплава

- ✓ Тип полимерного материала
- ✓ Толщина стенки изделия
- ✓ Температура расплава
- ✓ Температура литьевой формы
- ✓ Давление впрыска

## Пример

- Длина затекания расплава (проливаемость),  $L$

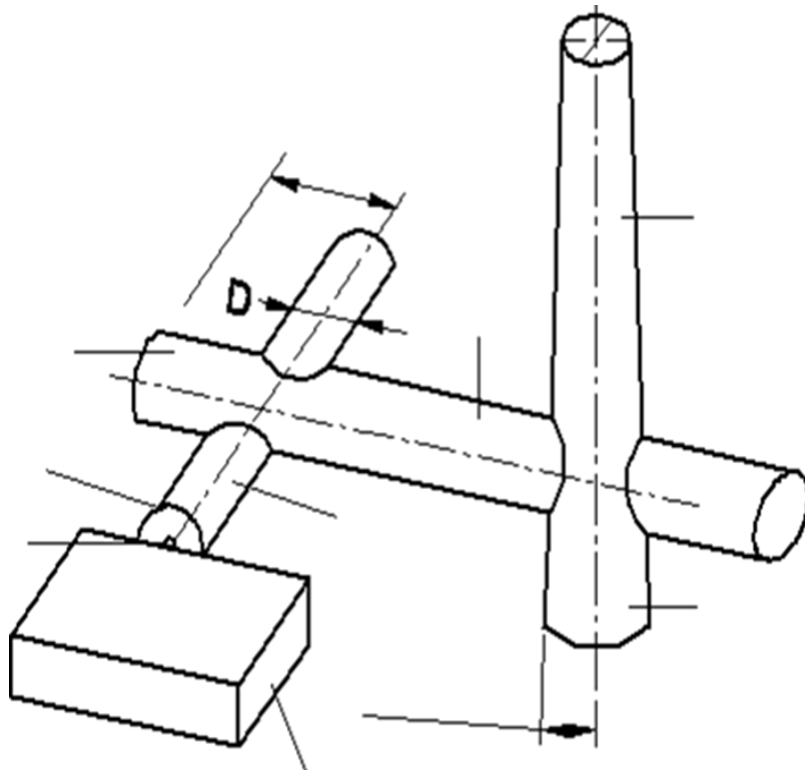
Толщина,  $h_1$  1,0 мм 2,0 мм 3,0 мм

PP, L1 200 мм 500 мм 1200 мм

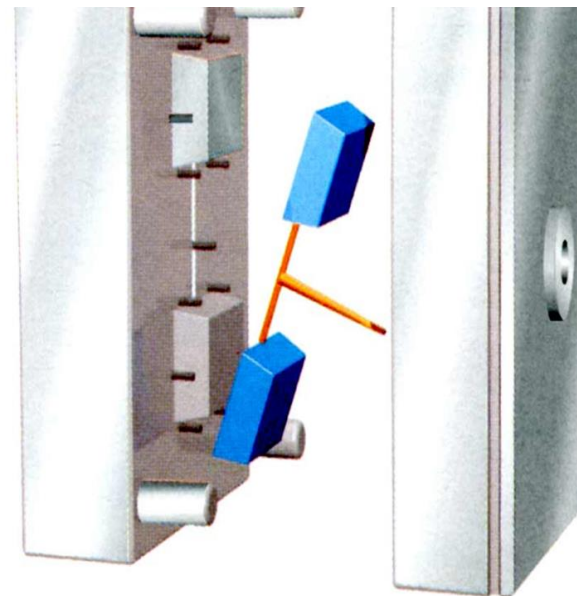
PPS, L2 80 мм 150 мм 220 мм

Определение количества впускных литников и  
конфигурация литниковой системы

# Разводящие литниковые каналы



Поперечное сечение  
Тип разводящего канала  
«Холодная капля»



# Гидравлический диаметр: $D_r = 4 S : P$

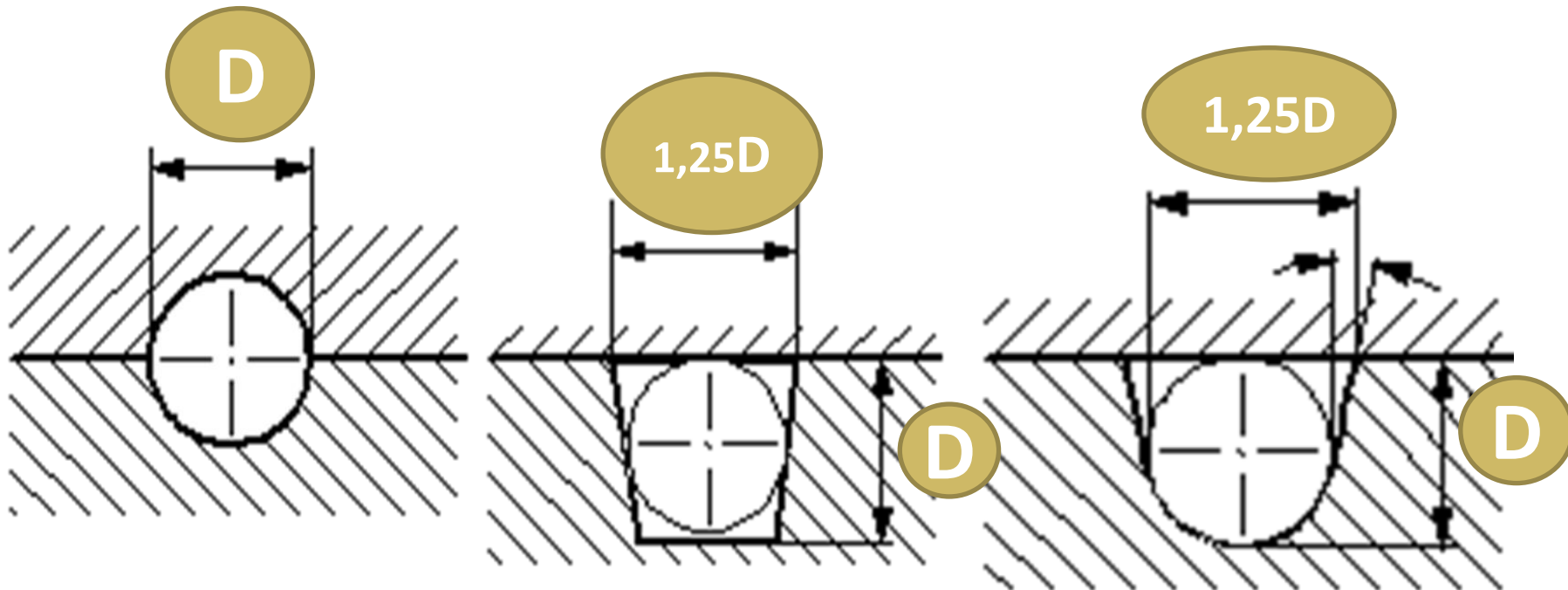
$D_r$  – гидравлический диаметр канала, [см];

$S$  – площадь поперечного сечения, [см<sup>2</sup>];

$P$  – периметр поперечного сечения, [см];

а) **Круглое** поперечное сечение

$$D_{r1} = [4(\pi D^2/4)] : (\pi D) = D$$



А) Круглое поперечное сечение (100%)

В обеих полуформах

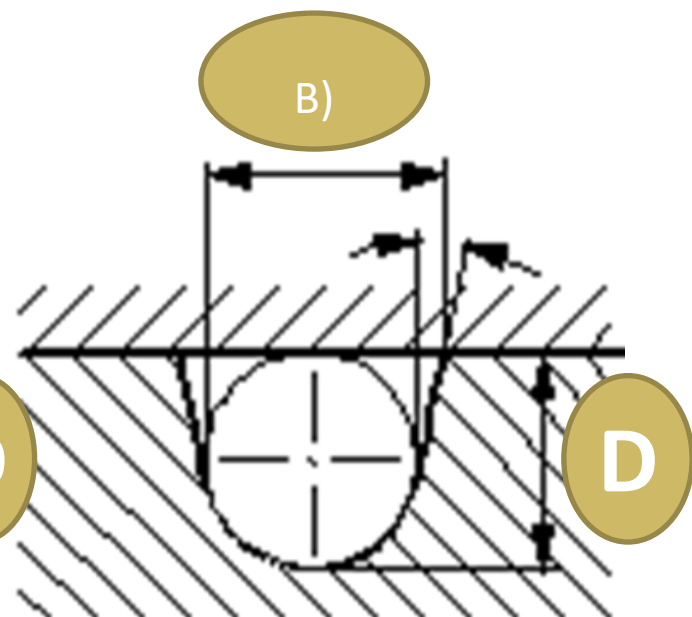
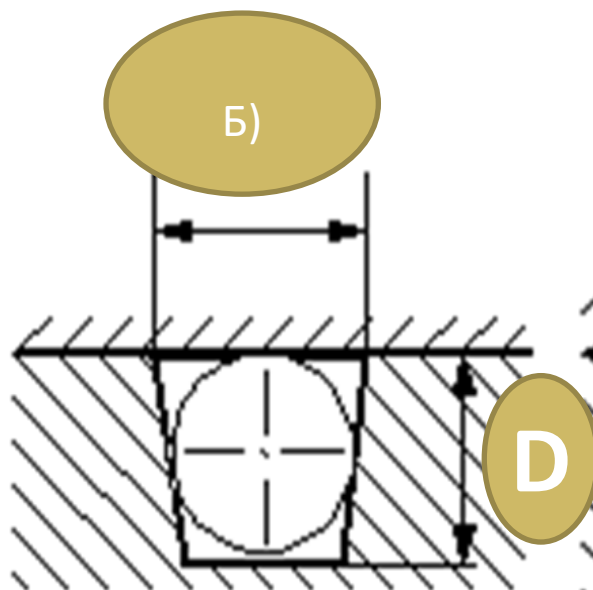
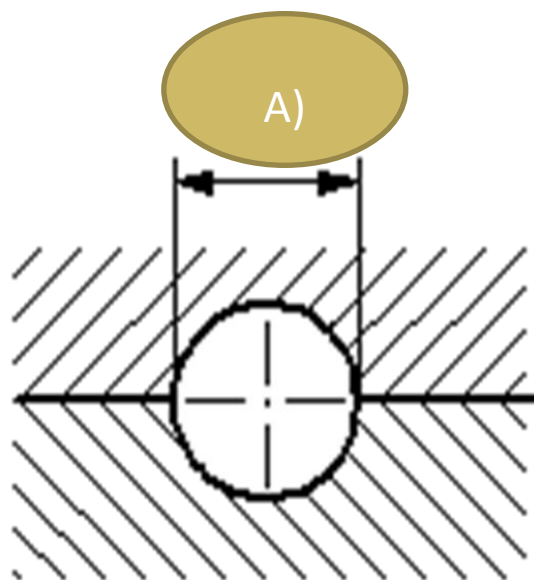
Соосность  $\pm 0,01$  мм

Б) Трапециевидное поп. сечение (78,5%)

В одной полуформе

В) Круглоугольная трапеция (87,9%)

В одной полуформе



# Гидравлический диаметр: $D_r = 4 S : P$

$D_r$  – гидравлический диаметр канала, [см];

$S$  – площадь поперечного сечения, [см<sup>2</sup>];

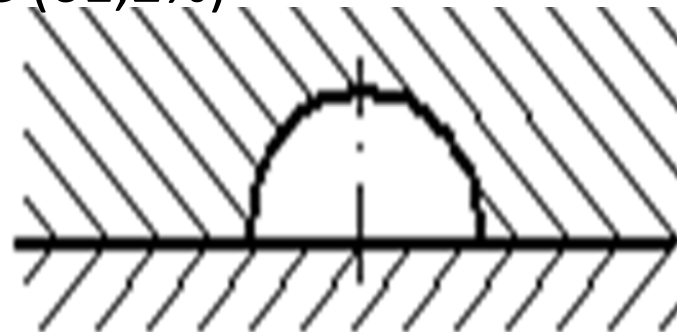
$P$  – периметр поперечного сечения, [см];

б) **Полукруглое** поперечное сечение (61,2%)

$$D_{r2} = [4 (\pi D^2/8)] : (2,57D) = 0,61D$$

$$S = (\pi D^2/ 4):2 = \pi D^2/8$$

$$P = \pi(D/2)+D = 2,57D$$

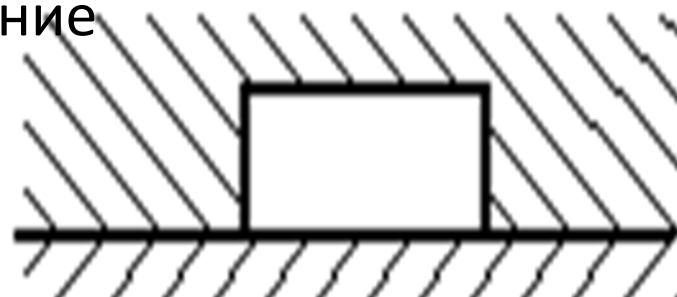


в) **Прямоугольное** поперечное сечение

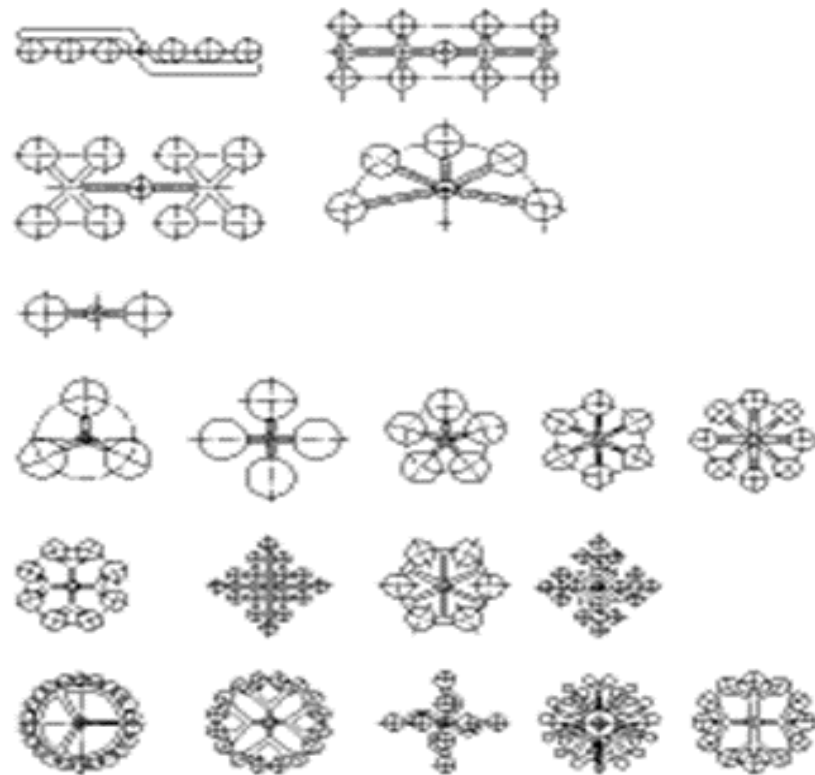
$$D_{r3} = [4 (A \times B)] : [2 (A+B)] = 0,57D$$

$$A=D$$

$$B=0,4D$$



«Рыбья кость»  
«Лестница»  
«Геометрический  
баланс»  
«Звезда»



**Схемы расположения литниковых каналов, рис. 5.8**

# Расслоение ПОТОКОВ

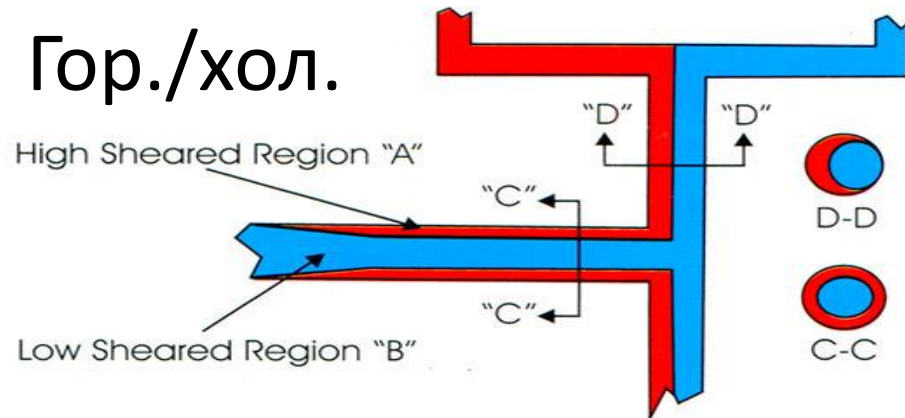
J. P. Beaumont

Runner and gating Design  
Handbook

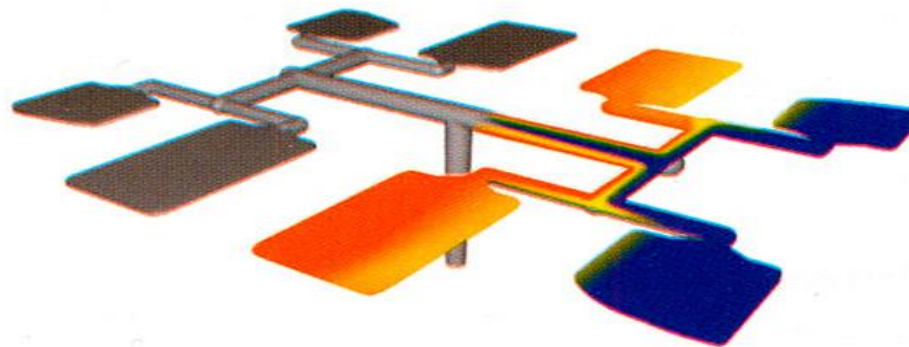
Tools for Successful  
Injection Molding

Hanser, 2004

- Гор./хол.



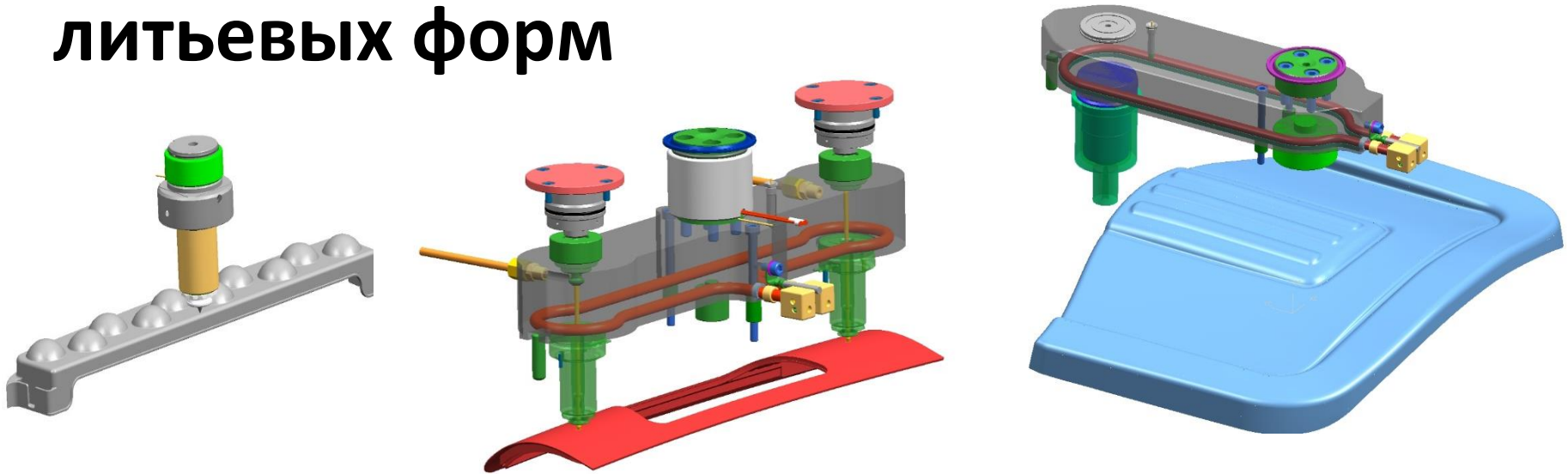
**Figure 6.7** Development and distribution of high sheared material in a branching runner



**Figure 6.8** Development and distribution of high and low sheared material in an 8-cavity mold and the resultant melt and filling imbalance



# Горячеканальные литниковые системы литьевых форм



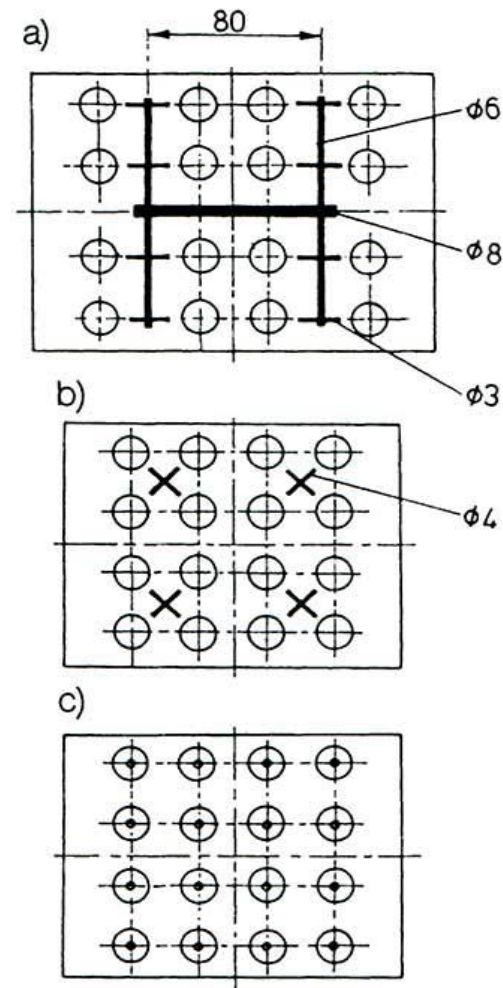
## Назначение ГКС литьевых форм

Транспорт расплава от ТПА в формующую полость  
литьевой формы с минимальными потерями  
температуры и давления расплава

Уменьшение потери давления и температуры

Уменьшение расхода материала на изделие

## Conditions for use of Hot Runners



Время цикла: 30 сек  
Темп работы:  
3 смены по 7 часов в сутки,  
22 раб. дня в месяц

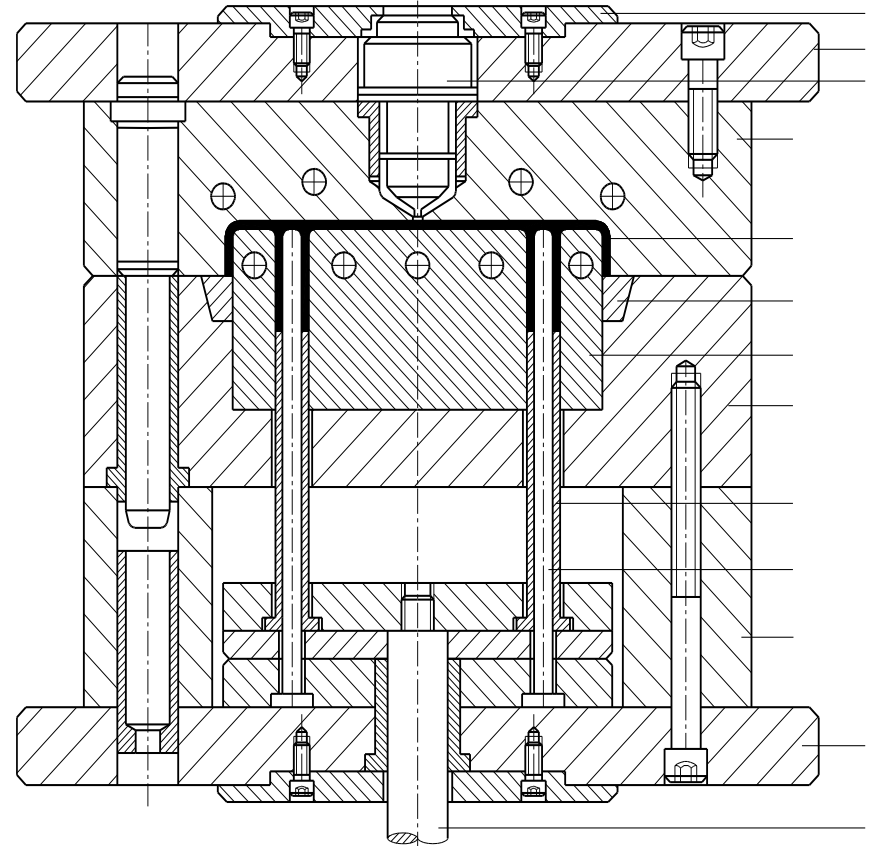
Figure 2.2 Comparison of waste arisings in mould

a - cold runner - 25 cm<sup>3</sup> (approximately 17 t/y); b - HR system ending in cold runner - 5 cm<sup>3</sup> (approximately 3.5 t/y); c - HR system - 0 cm<sup>3</sup>

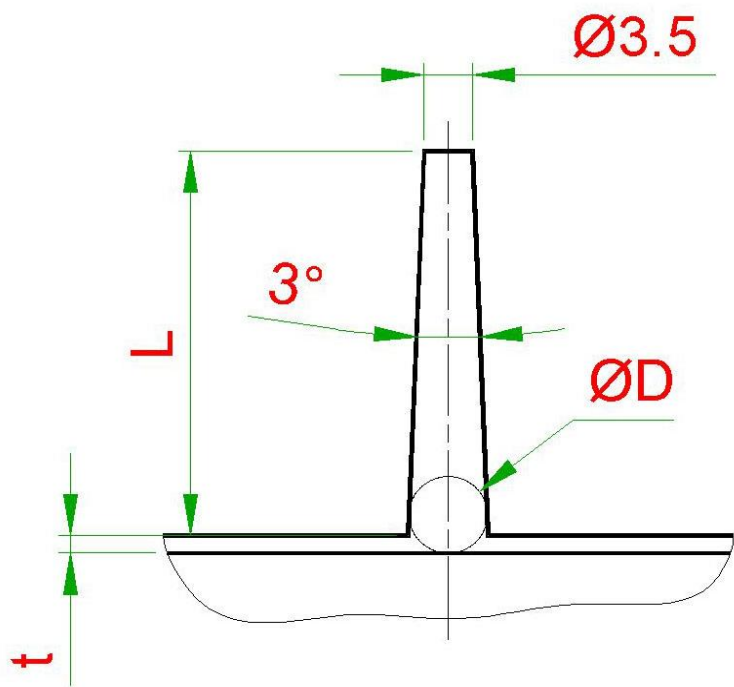
Ø - diameter

# Замена центрального литника

- Центральное обогреваемое сопло
- Эл. Разъём
- Терморегулятор



# Центральный литник: масса и $\tau_{\text{охл.}}$



Масса литника, гр.

L, мм	V, см <sup>3</sup>	PP	ABS	PC
36	0,57	0,52	0,60	0,68
66	1,47	1,35	1,57	1,78
76	1,88	1,73	2,01	2,33
96	2,89	2,66	3,09	3,50
116	4,17	3,84	4,46	5,05
156	7,73	7,11	8,27	9,35

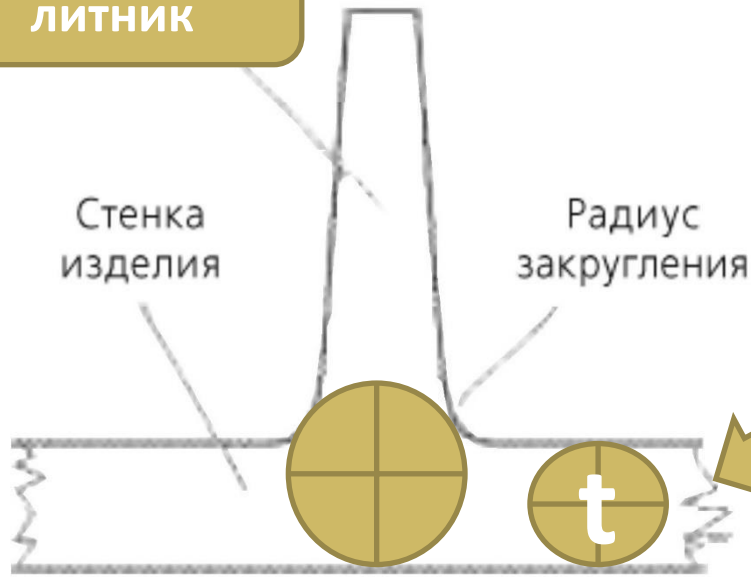
Время охлаждения, сек.

t, мм	D, мм	PP	ABS	PC
1,0	7,34	1,7	2,8	2,3
1,5	7,36	4,0	6,0	5,0
2,0	7,39	6,5	12,0	9,0
3,0	7,44	15,0	26,0	20,0

L = 76 мм, t = 1,0 мм

7,3	80,0	140,0	112,0
-----	------	-------	-------

**Центральный  
литник**



Слишком  
большой  
радиус  
кривизны

Усадочные  
полости

Утяжина



**Толщина  
стенки**

Слишком  
большая  
толщина

**Центральный  
литник**



**Утолщения в зоне центрального литника: утяжки, пористость, время цикла, постобработка, деформация**

# Типы сопел для ГКС

Hot Runners in Injection Moulds

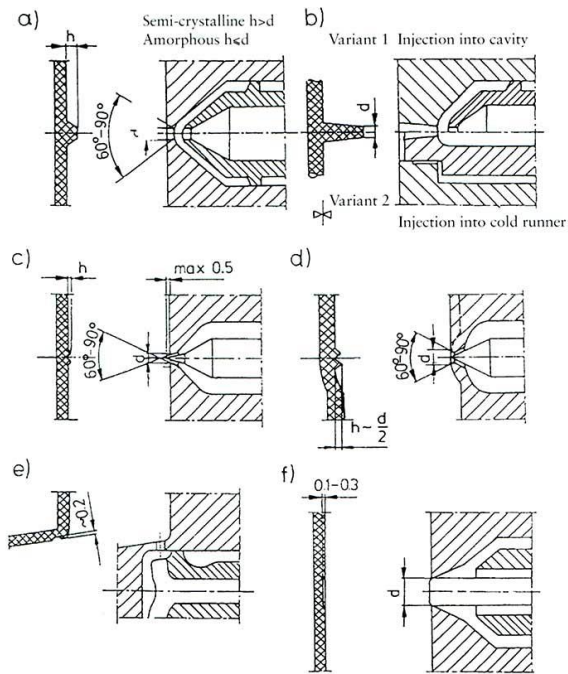


Figure 4.3 Basic types of nozzle and sprue

a - open nozzle - point (conical) sprue, broken away; b - open nozzle - rod sprue, broken away; c - tip nozzle - annular sprue, broken away, 'cosmetic' type; d - tip nozzle - annular sprue, 'technical' type; e - side gating nozzle - point sprue, sheared off; f - shut-off nozzle - no sprue

a) Прямоточное

в) Пр. + литник

– «технический выпуск»

с-d) С рассекателем («торпедо»)

– «косметический» выпуск

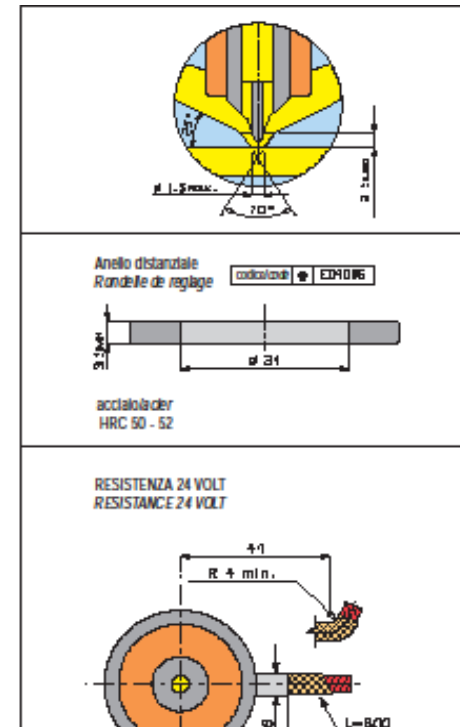
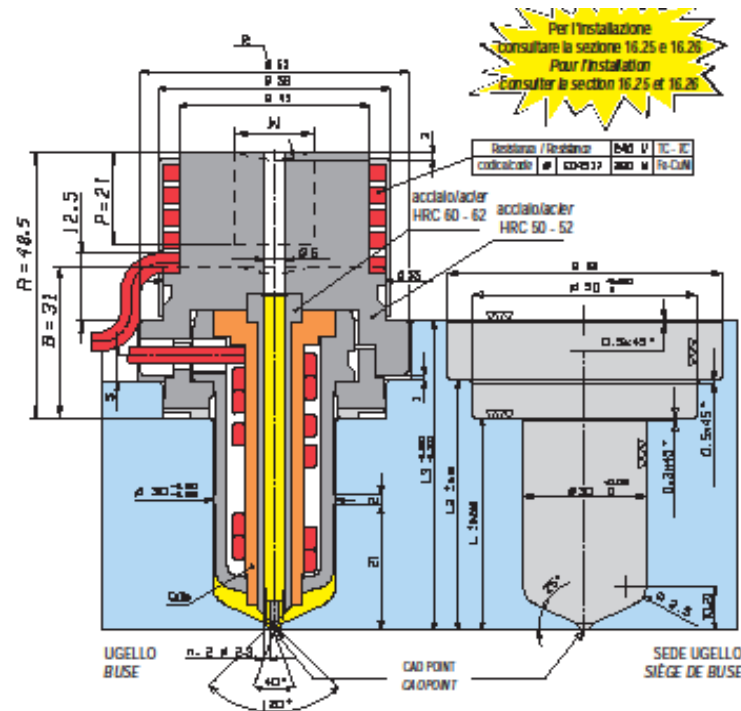
e) Боковой выпуск

f) С запорной иглой

- «С выглаживанием»

# Конструкция сопла

- Тело
- Фланец
- Нагреватель
- Нагреватель фланца
- Термопара
- Сменный наконечник
- Кольцо смены цвета
- Переходная втулка



# Нагреватели и термопары сопла

- Нагреватель фланца (бандаж)

- Нагреватели тела:

- витой*

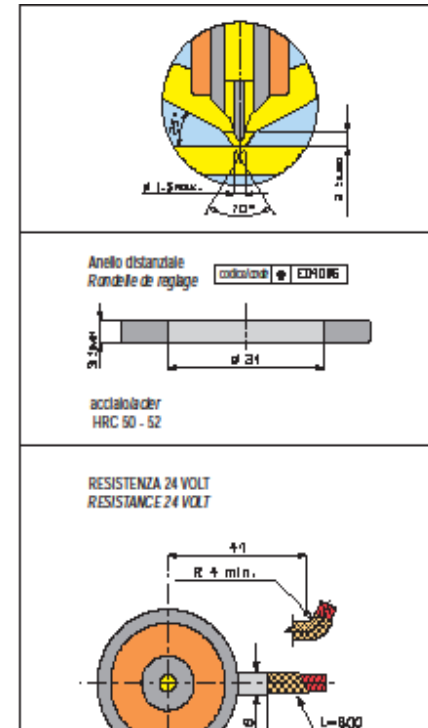
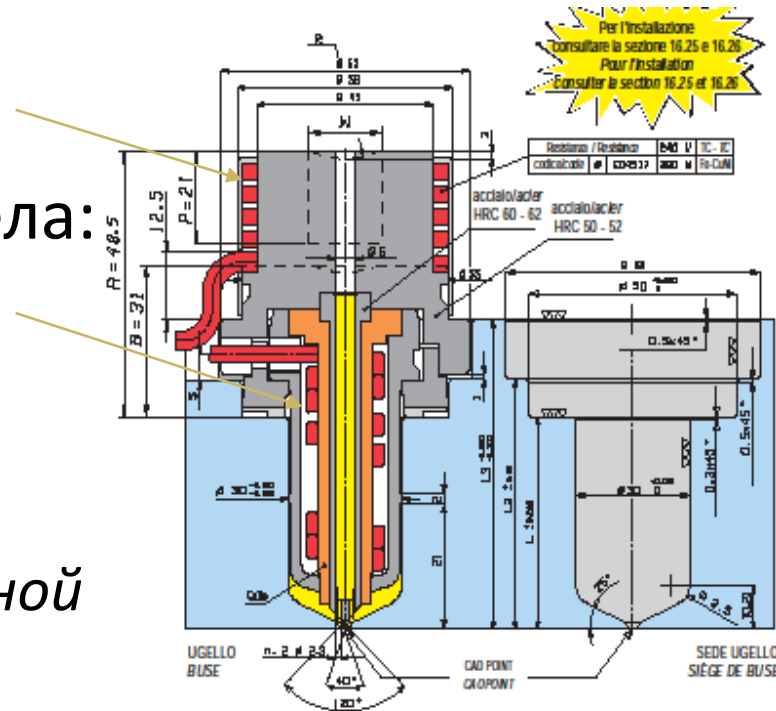
- Цилиндрического*

- Прямоугольного*

- сечения интегральной навивки*

- Гибкая пластина (латунь) со встроенным нагревателем*

- Термопары FeCo (тип J) с заземлением

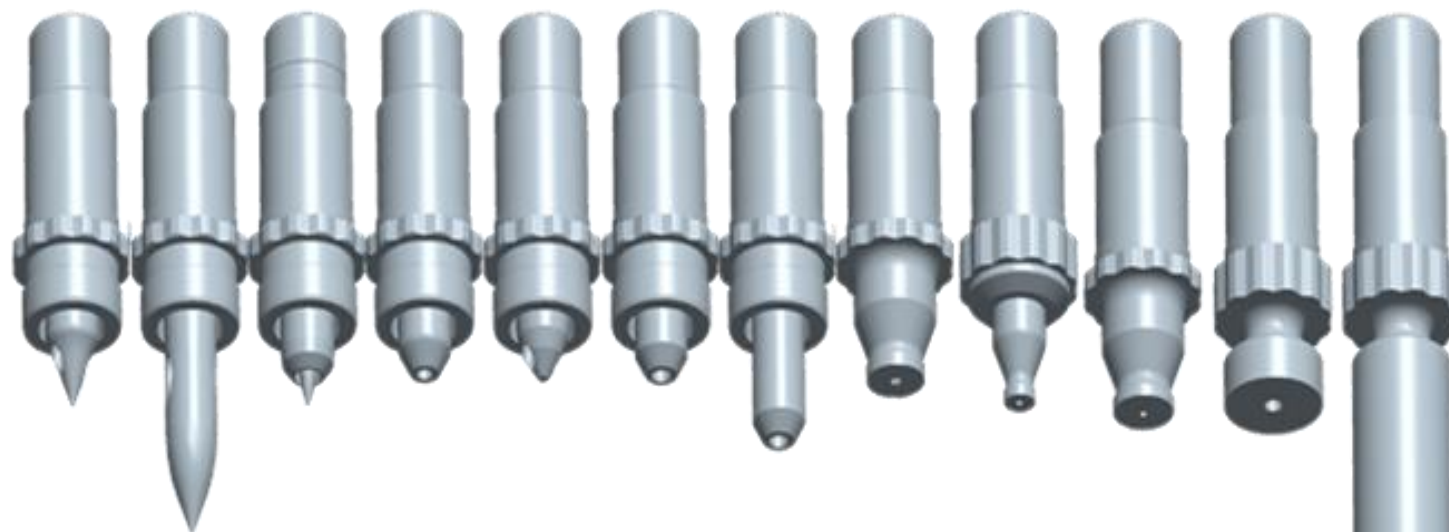




Бериллиевая бронза: PS, PP, PE,  
ABS, POM

Твёрдый сплав: PA+GF, PPS, PEEK

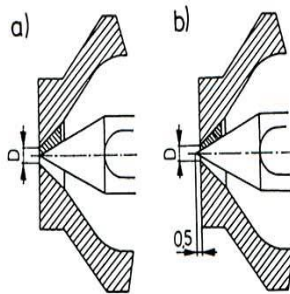
Нержавеющая сталь: PC, PVC, PTFE



Прямоточное сопло: TEP, + GF; в литник;  
не видовая поверхность

# Положение наконечника ГКС в л.ф.

Structure of a Hot Runner System



Material	D gate diameter, mm	Pressure loss, MPa	
		nozzle a	nozzle b
PC (Makrolon 2800)	1.0	18.3	32.6
	1.8	6.3	8.7
PE (Lupolen 1810)	1.0	2.6	4.1
	1.8	1.3	1.7

Figure 4.34 Pressure losses in the annular gate [14]

(Reproduced with permission from *Plastverarbeiter*, 1988, 39, 9, 157, Figures 3 and 4  
© 1988, Hütbig Verlag)

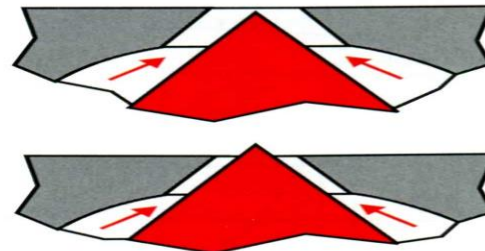


Figure 11.7 Effect of thermal expansion on gate tip heater positioning



Poor Thermal Conductivity

A



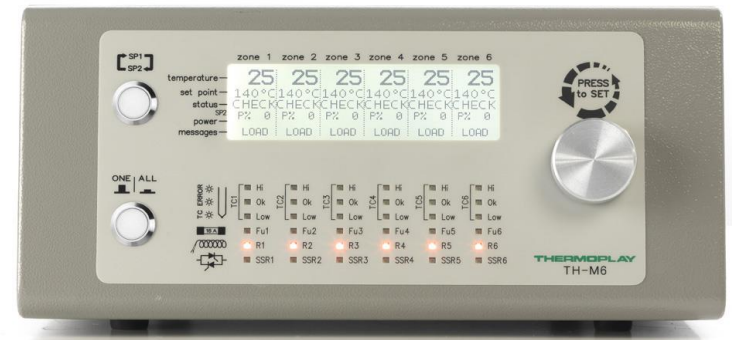
Improved Thermal Conductivity

B

Figure 11.8 Dimples often used in direct gating from hot drops to position gate vestige below the part surface. Thickening the wall at the gate dimple reduces effects of high shear stress

# Терморегулятор для ГКС

- «Мягкий старт»
- тип термопары ГКС и настройка в приборе
- ток на зону 10 А или 16 А, ➡ 2,2 кВт или 3,5 кВт/ зона
- кнопка «SP» - «безопасная» температура для расплава
- кнопки «ALL» и «PRESS» - температура расплава ↓↑
- распайка кабеля ТР и электроразъёма литьевой формы



# Выбор типоразмера сопла

- Толщина отливки в зоне впрыска
- Диаметр впускного литника сопла –
- Материал отливки
- Тип наконечника сопла



**Типоразмер сопла**

# Окупаемость ГКС

$$N = T_{\text{ГКС}} : [m_{\text{э}} \cdot g + T_{\text{ТПА}} \cdot (t_{\text{ХК}} - t_{\text{ГКС}})];$$

Например.

$T_{\text{ГКС}} = 310$  тыс. руб. - сопло, эл.разъём, терморегулятор

$m_{\text{э}} \cdot g = 0,0016$  кг x 220 руб./кг = 0,35 руб. - экономия  
материала (литник) за цикл литья

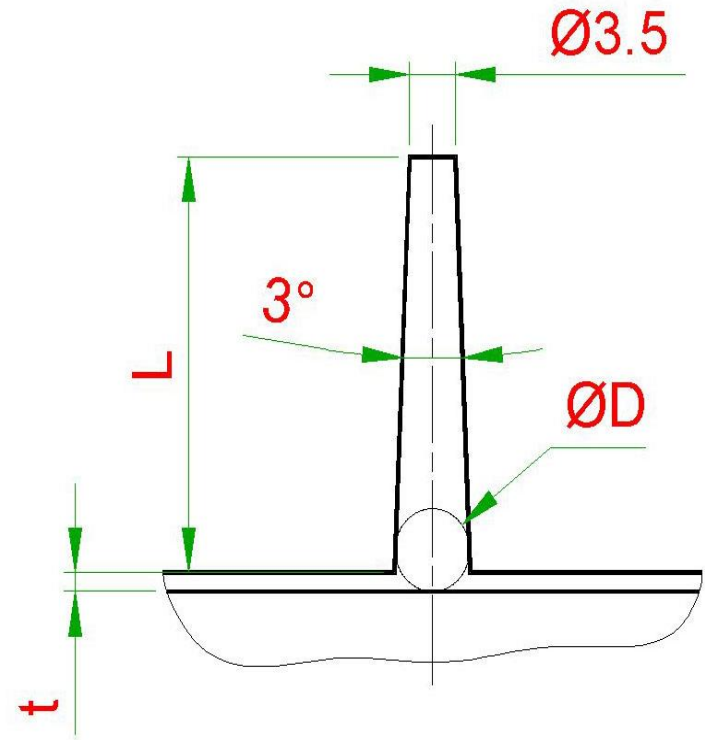
$T_{\text{ТПА}} = 30$  руб./мин. – стоимость работы ТПА

$(t_{\text{ХК}} - t_{\text{ГКС}}) = 20$  сек. – экономия времени цикла

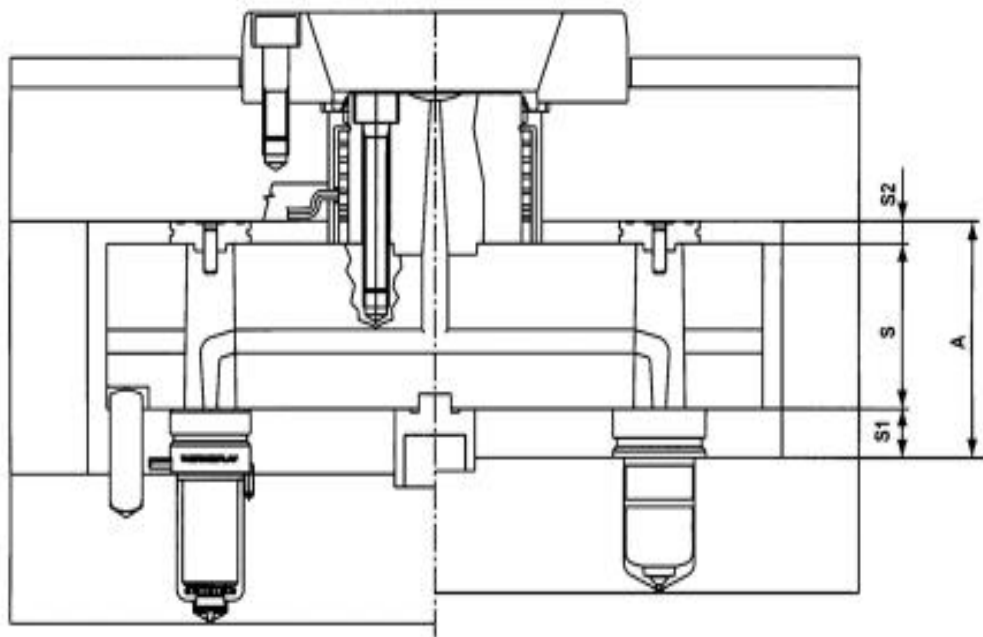
$$N = 310.000 \text{ руб.} : [0,35 \text{ руб.} + (30 \text{ руб./мин.} : 60) \times 20 \text{ сек.}] = \\ = \mathbf{29.952 \text{ цикл.}}$$

# Центральный литник: ГКС или ХК

- Экономия материал
- Сокращение времени цикла
- Сокращение трудоёмкости постобработки
- Повышение качества отливки (деформация, поры, след от литника)
- Уменьшения объёма отходов и затрат на вторичную переработку



# Полная литниковая система ГКС



$$A = (S1+S+S2) + [(S1+S+S2) \times \Delta t \times k] - 0.05$$

- **Обогреваемый коллектор с литниковой втулкой и распорной шайбой**
- **Обогреваемые сопла**
- **Эл. разъём**
- **Терморегулятор**
- **Теплоизоляционные плиты**

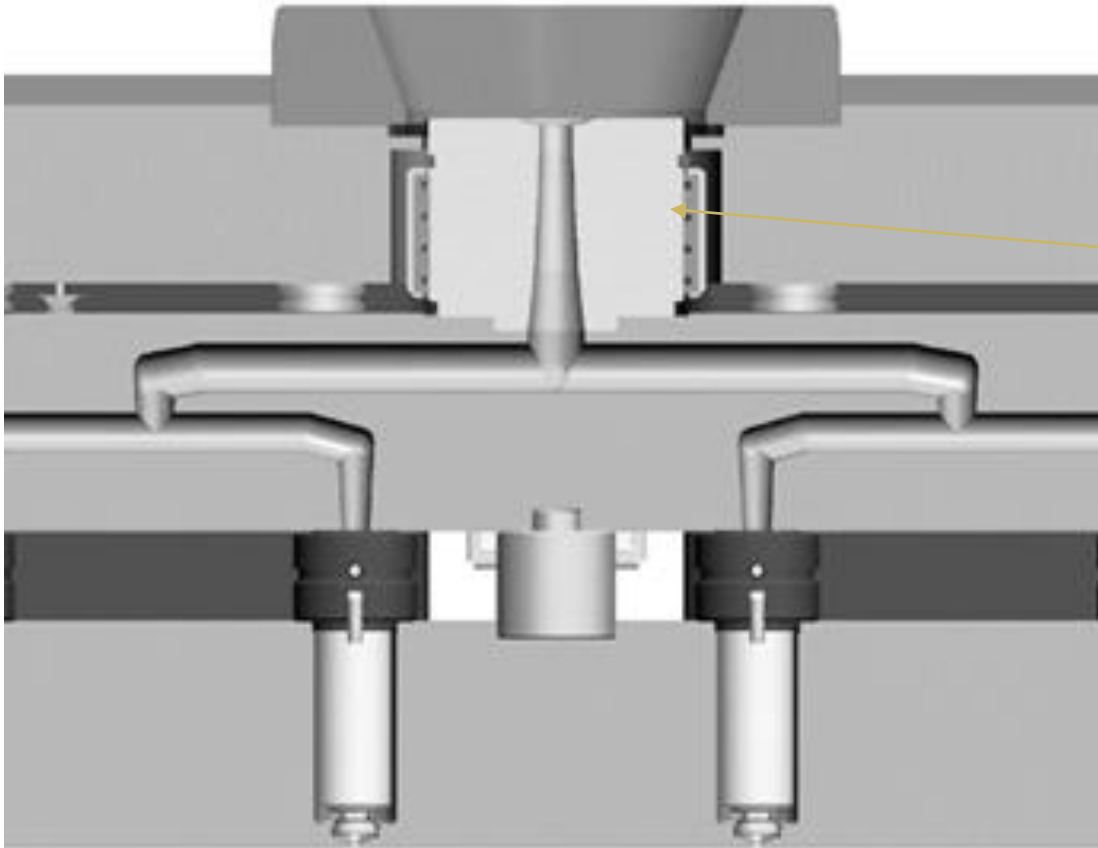


Кол-во сопел  
Межосевые  
расстояния  
Толщина  
Термопары

## Коллектора:

Стандартные: 1, 2, 4, 6 и 8 сопел  
SS – на любую конфигурацию и  
число сопел





Литниковая втулка:

- без обогрева:  
высота до 40 мм  
расплав PE, PP, PS
- с обогревом
- сменная: на резьбе или  
на болтах

### **Литниковая втулка коллектора, рис. 3.31**

Унгер П. «Технология горячеканального литья», СПб.: ЦОП  
«Профессия», 2017, стр. 67

# Литниковая втулка коллектора и сопло ТПА

*Structure of a Hot Runner System*

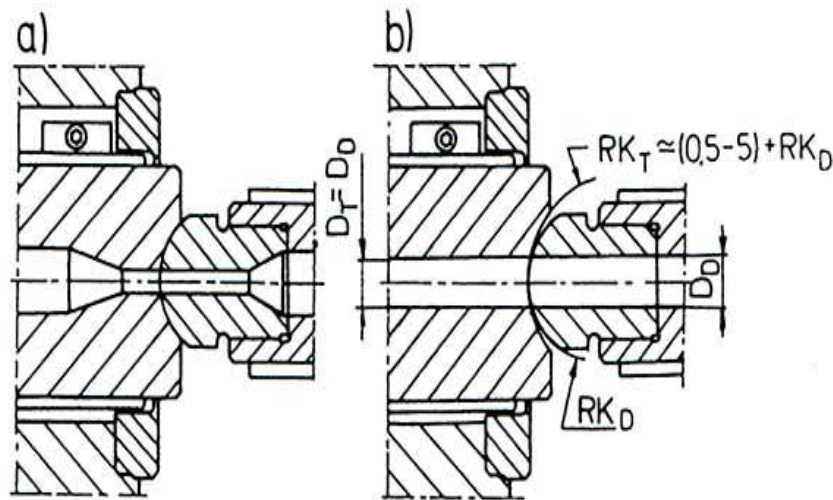
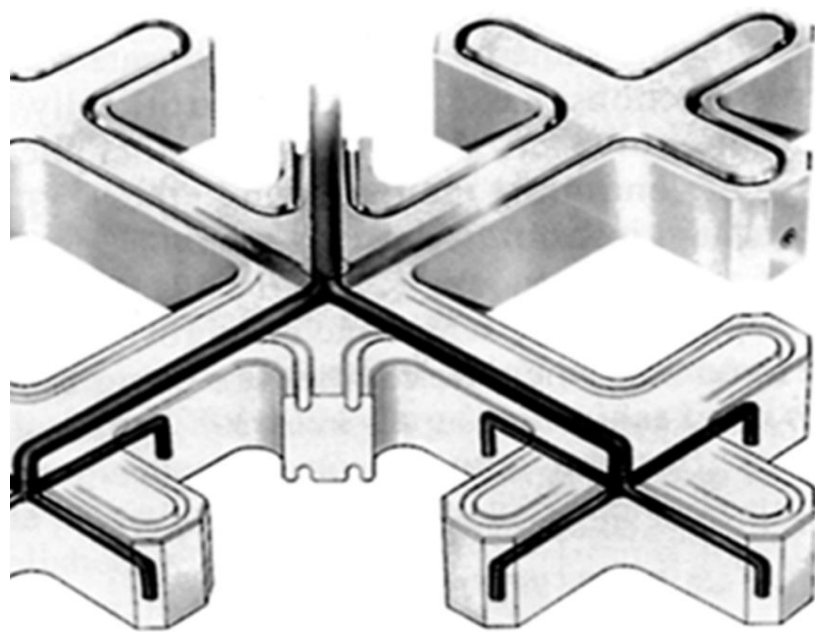
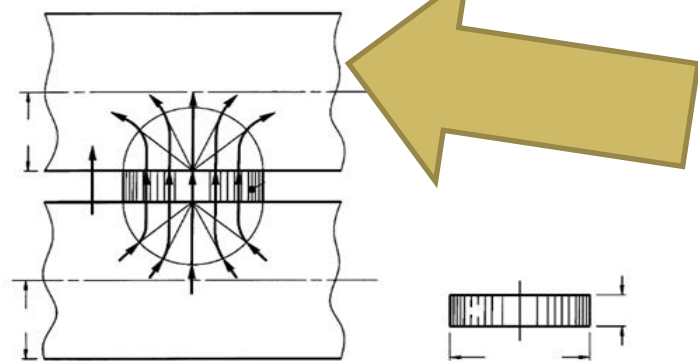


Figure 4.85 Matching of injection machine nozzle and sprue bushing of manifold  
a - standard nozzle and bushing with narrowed channel; b - nozzle with enlarged channel (recommended for HR) (Reproduced with permission from Husky Injection Moulding Systems Limited)



Нагреватели:  
запрессовываются  
при  $t \geq 250^\circ\text{C}$  – сверху  
запрессовывается пластина

**Коллектор ГКС**, рис. 6.42  
Менгес Г. «Как делать литейные формы», СПб.: Профессия, 2007, стр. 251



Плита крепления:  
- термообработка HRC 44-48  
- замена стали 1.1730 (Ст. 45)  
на 1.2312 (Ст. 40X)

Распорная шайба, рис. 3.38

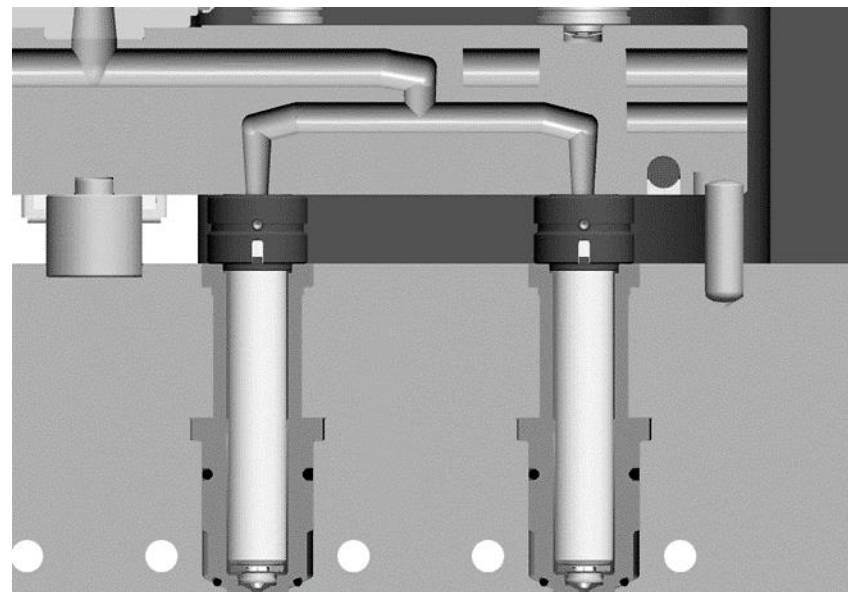
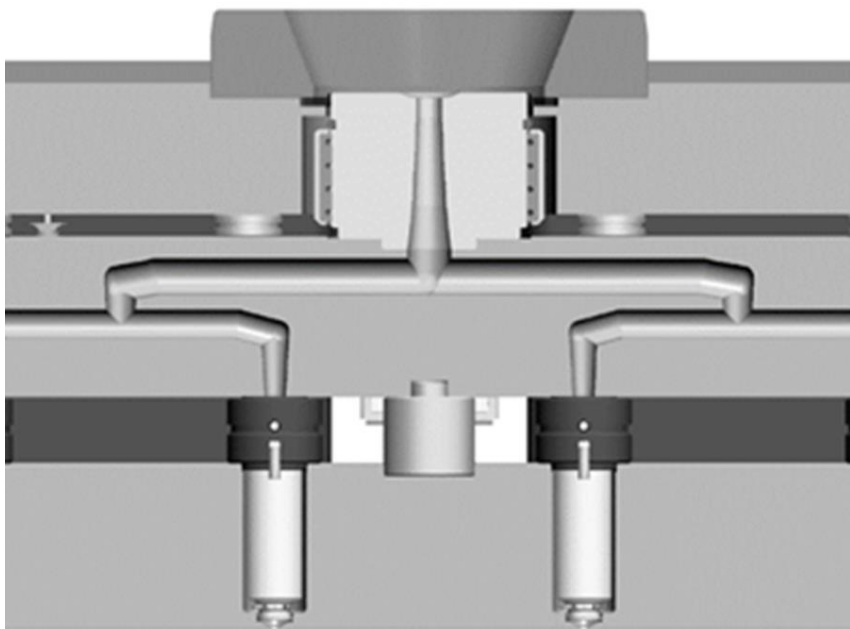
Унгер П. «Технология горячеканального литья», СПб.: ЦОП «Профессия», 2017, стр. 72

«Мёртвые зоны» – деструкция расплава



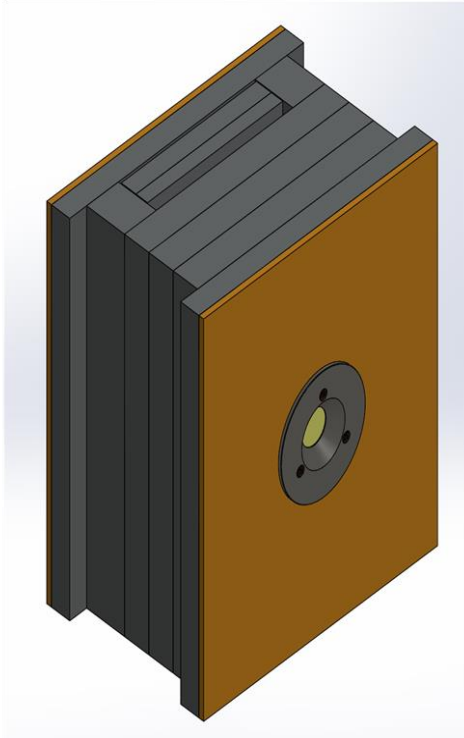
**Места поворота расплава в канале, рис. 6.43**

Менгес Г. «Как делать литьевые формы»,  
СПб.: Профессия, 2007, стр. 251



Сопло без переходной втулки, рис. 3.27

Сопло с охлаждаемой переходной втулкой, рис. 3.28



- Изоляционная плита
- толщина 6-8 мм
- стеклотекстолит

## Терморегуляторы

кол-во зон

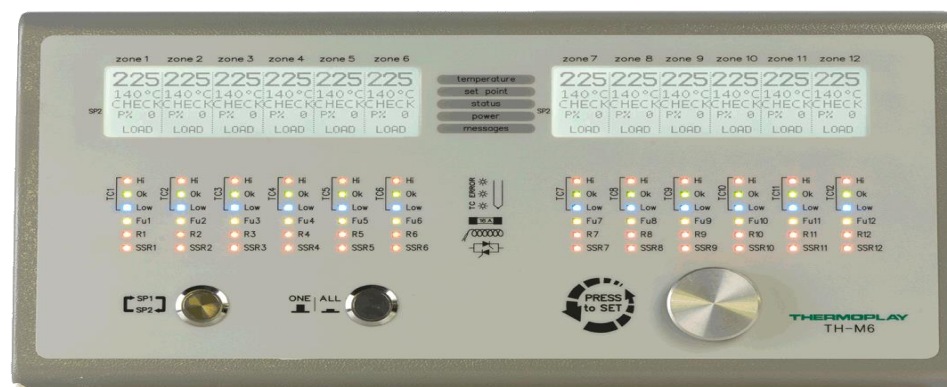
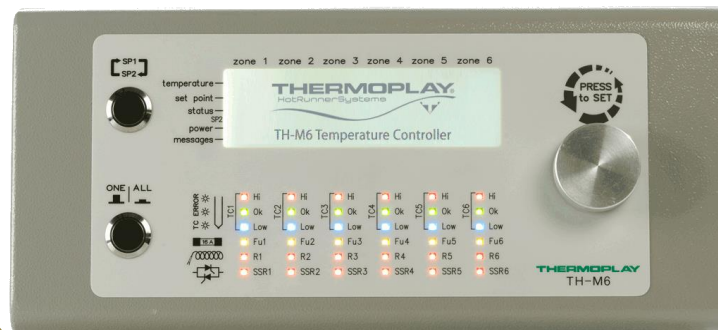
мягкий старт

термопары

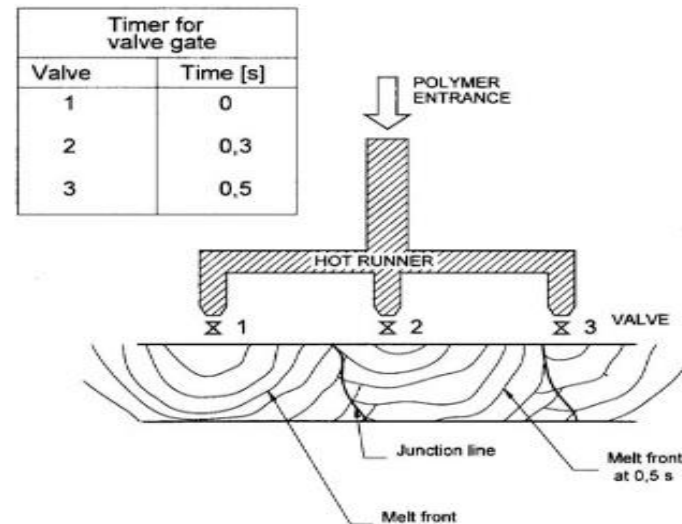
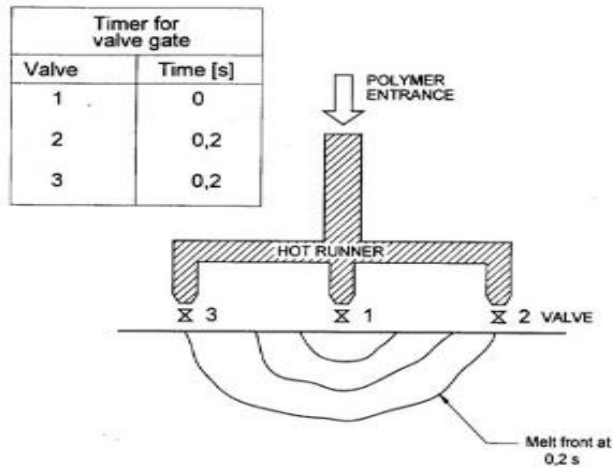
мощность нагревателя

равномерность нагрева

мониторинг процесса

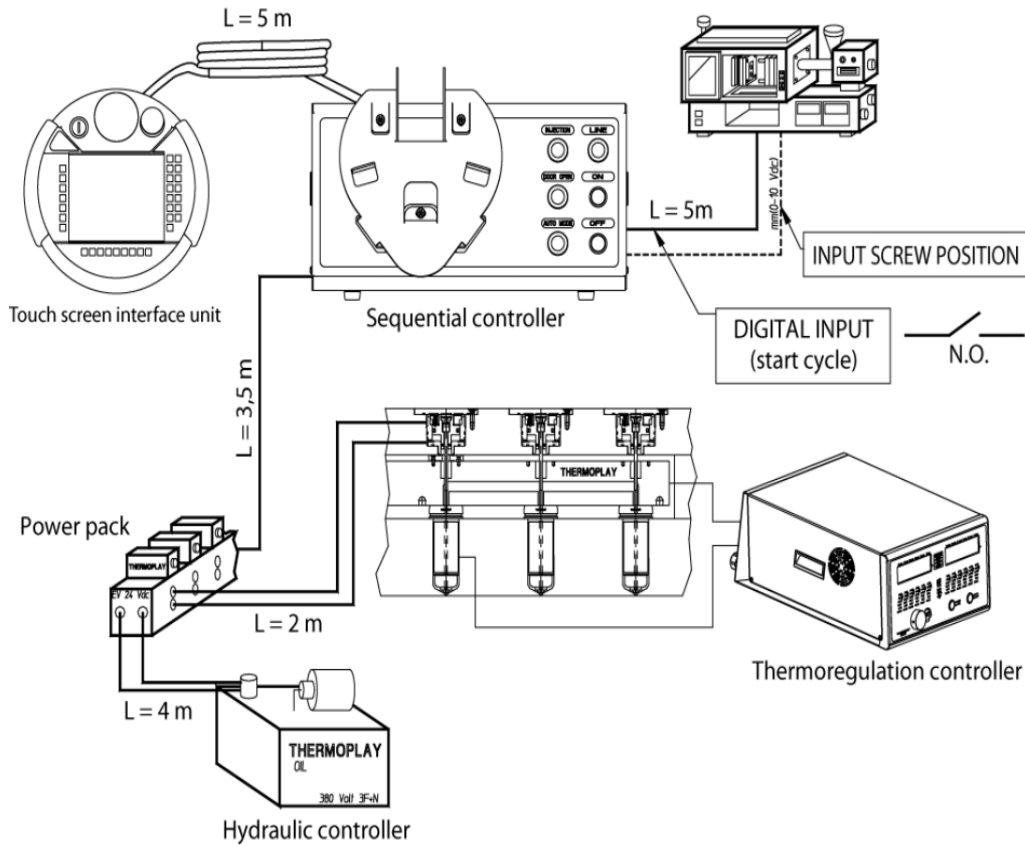


# «Управляемый» впрыск

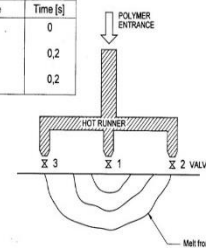




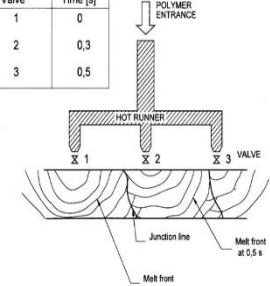
# Управляемый впрыск



Timer for valve gate	
Valve	Time [s]
1	0
2	0,2
3	0,2



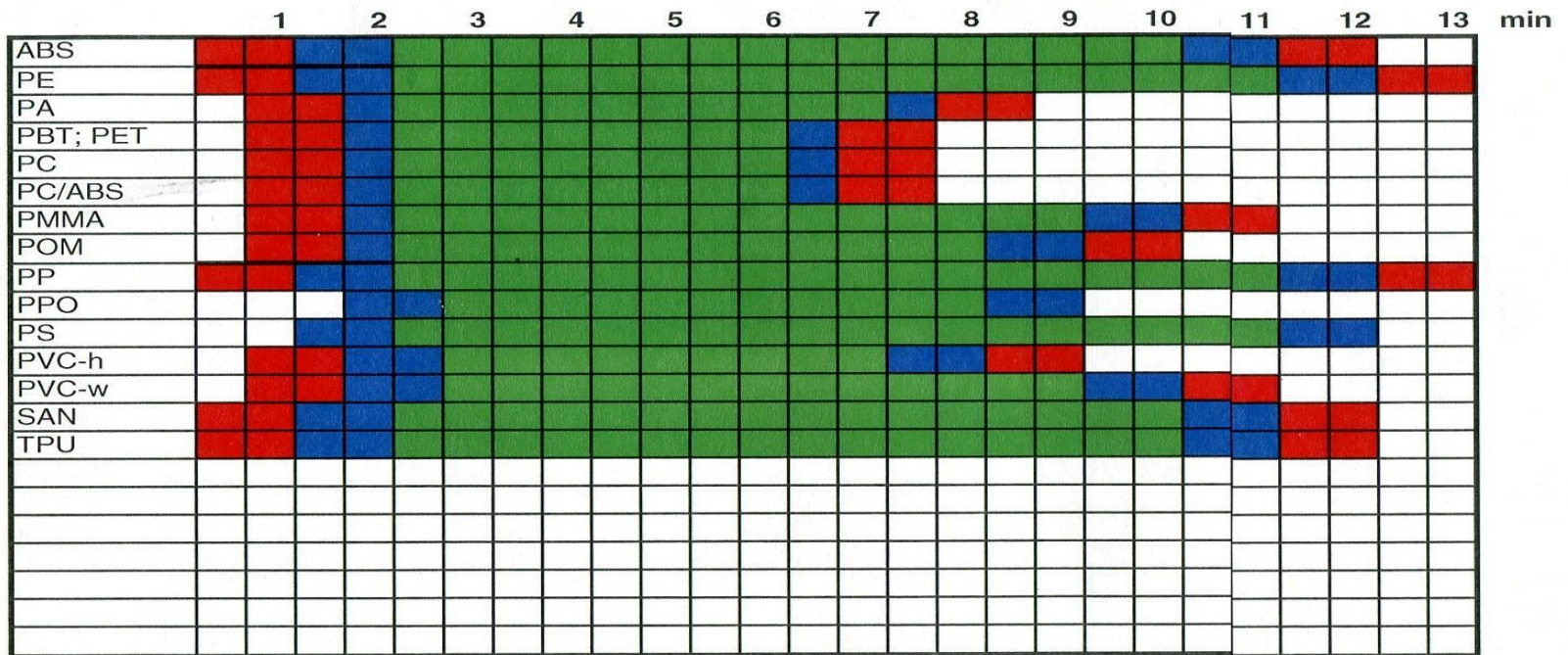
Timer for valve gate	
Valve	Time [s]
1	0
2	0,3
3	0,5



# Термодеструкция расплава:

$T_{max.}$ ,  $T_{min.}$  (по материалам фирмы MILACRON)

## Verweilzeitbereich (VZB)



# Предотвращение термодеструкции расплава

Время пребывания расплава при температуре литья: ТПА + ГКС

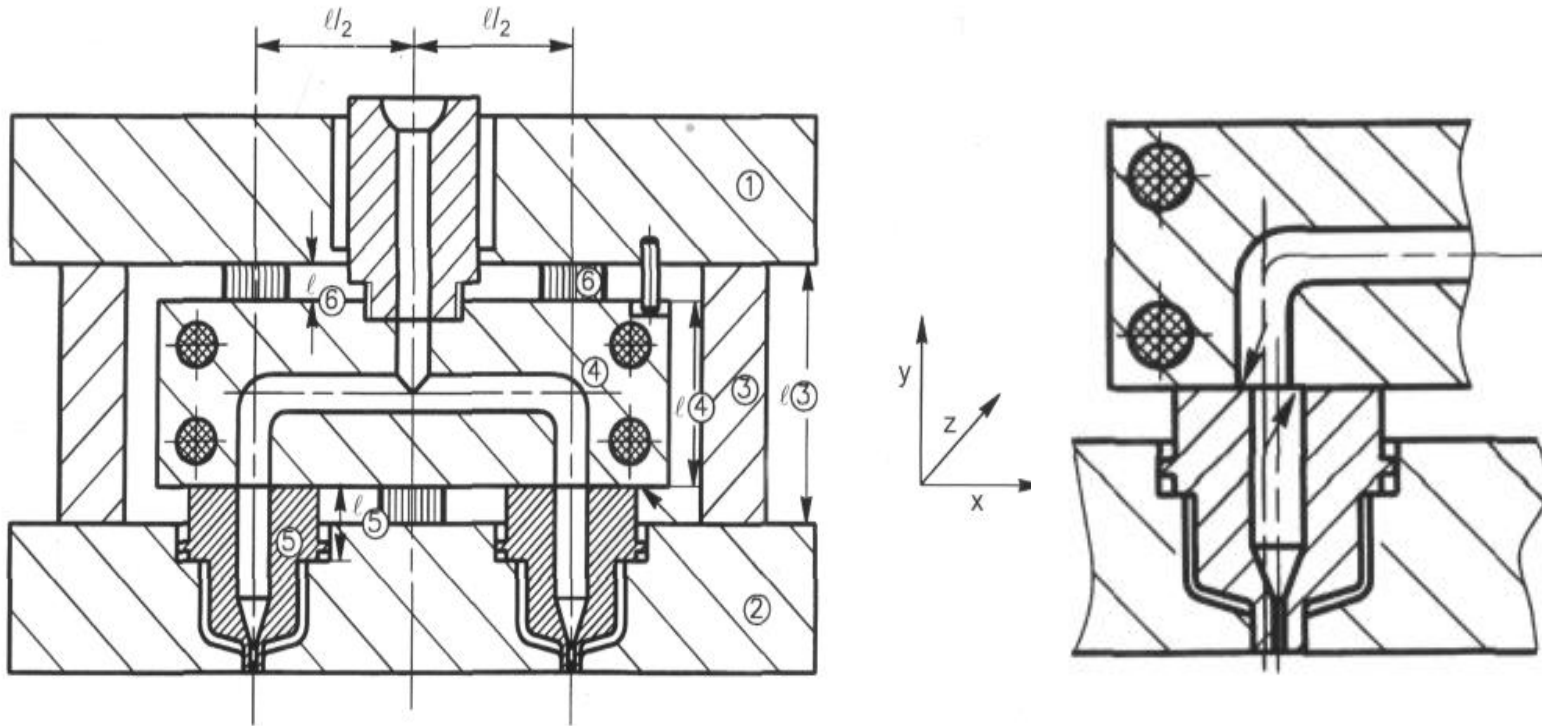
Остановка в работе литьевой формы вызывает перегрев расплава → отключение ГКС или перевод на «дежурный режим» («SP»)

**Запуск** литьевой формы после остановки – повышение температуры нагревателей ГКС («пробки»/ «нити») и возврат к норме

# Коэффициент теплового расширения

- «мёртвые зоны» (соосность каналов)

- герметичность стыка «коллектор-сопло»



Тепловое расширение в ГКС, рис. 2.25 и 2.26:

1 - плита крепления; 2 - обойма матриц; 3 - обойма коллектора;  
4 - коллектор ГКС; 5 - обогреваемое сопло; 6 - распорная шайба.

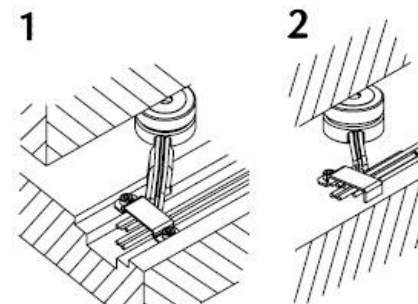
Унгер П. «Технология горячеканального литья», Спб.: Профессия, 2009, стр.39.

4	E09053.01	Gruppo resistenza fascia Ø54x40 650W	1
3	E07033_S40.03	Tc capillare Ø1.5X60 tipo "J" cavo 2000 mm	1
2	E09082.01	Boccola iniezione R=40 Ø=10 H=40	1
1	SS112247-100.00	Comp. canale caldo	1
Pos	Codice	Descrizione	Qta

I componenti non forniti da Thermoplay (non presenti in distinta base) sono puramente indicativi.

*The components not supplied by Thermoplay (not present in material bill) are purely indicative*

Evitare il contatto tra i cavi e la piastra di distribuzione  
*Avoid contact between the wires and the hot manifold*

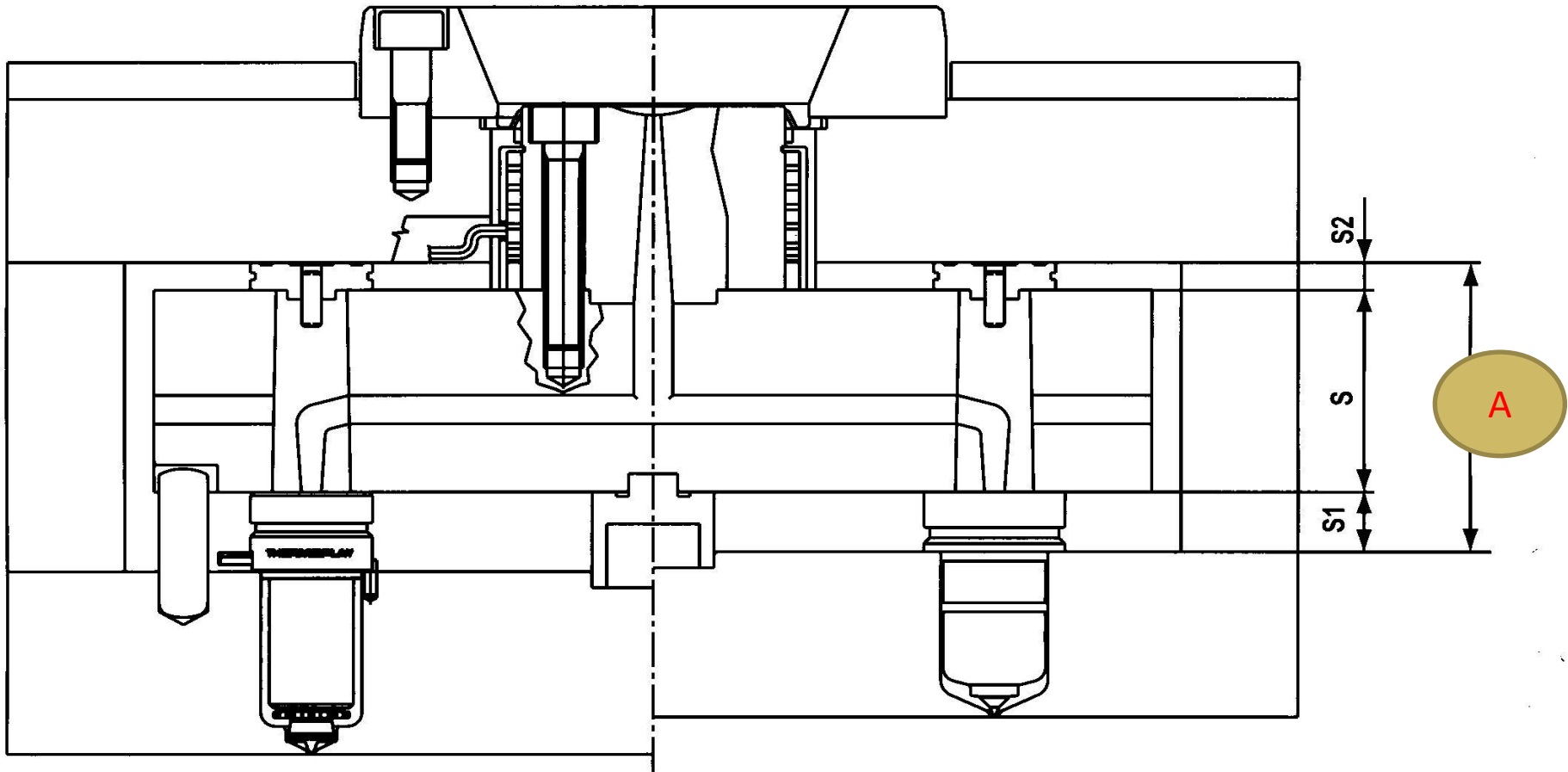


Parametri di progetto		Polimero:		<b>HDPE</b>	
<i>Project parameters</i>		Plastic:			
Temperatura stampo: <i>Mold temperature:</i>	<b>40 °C</b>	Temperatura canale-ugelli: <i>Hot runner system temperature:</i>	<b>230 °C</b>	$\Delta T$ :	<b>190 °C</b>
MATERIALE IN CAMERA, inclusi boccola ed ugelli:					<b>23 g</b>
<i>MATERIAL IN MANIFOLD, bushing and nozzles included:</i>					

Tolleranze generali dove non indicato <i>General tolerances where not specified</i>	Fori D11 Holes D11	Alberi d11 Shafts d11	Altre +/-0.1 Others ±0.1	Angoli +/-20' Angles ±20'	Rev. Sign. _____	---
Rev. note Nota Rev. _____	---			Rev. Date Data Rev. _____	---	

<b>THERMOPLAY</b> <b>Y THERMOPLAY</b> S.p.a. Pont St. Martin (Aosta)	Date Data	18/10/11	Description Descrizione <b>Comp. canale caldo</b>				
	Sign. Firma	Consol			Approved Visto	_____	
N. items N.pezzi	1	Customer Cliente	---	Order Ref. Rif.ordine	232499	Date Data	_____
Foglio 1 Codice/Code	SS112247-000	Rev	00	Material Materiale	---	Trattamento / Thermal treatment	---
						Scale Scala	1/1

# Учёт теплового расширения (КТР) в зоне коллектор/сопло

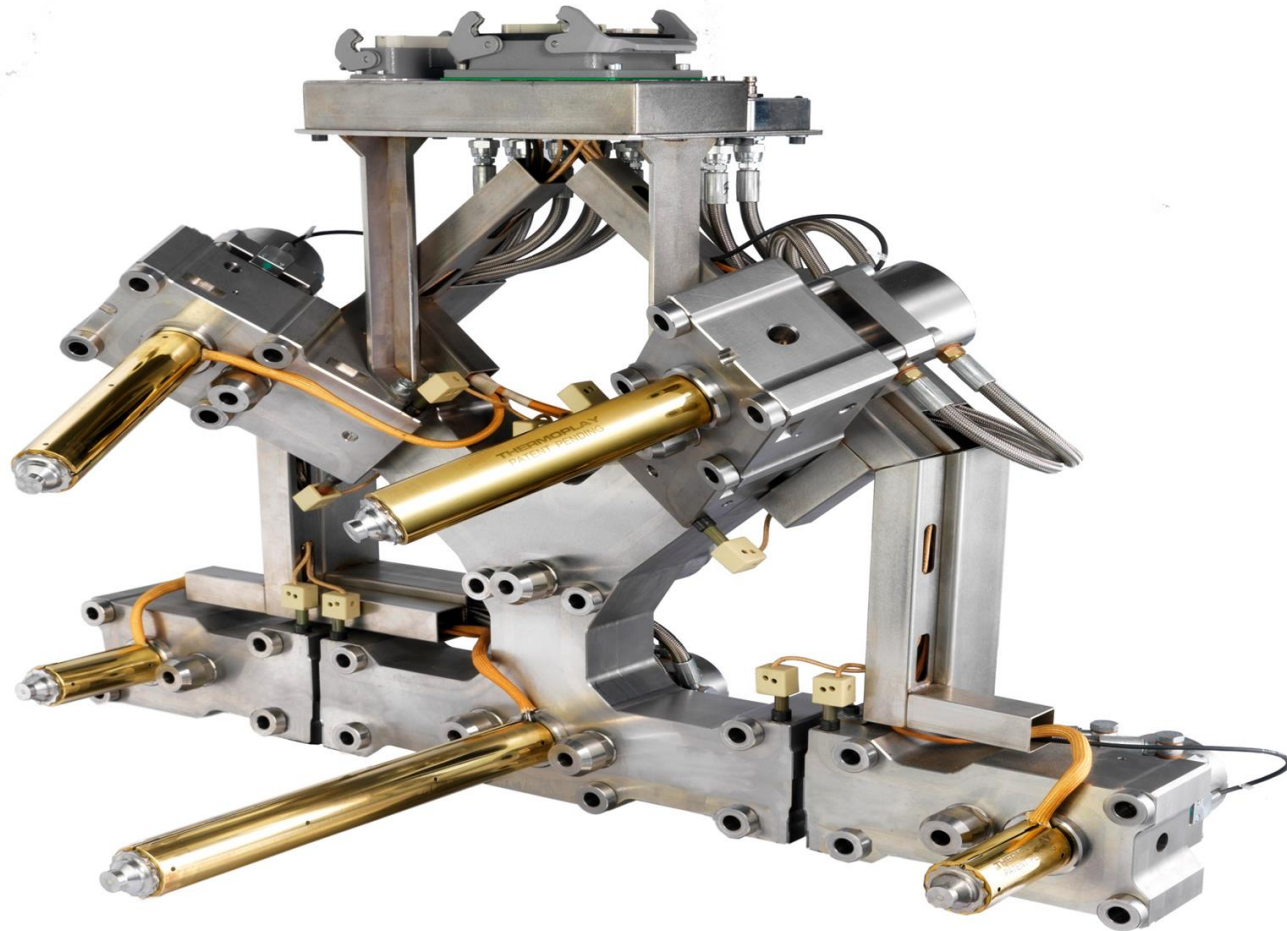


$$A = (S1+S+S2) + [(S1+S+S2) \times \Delta t \times k] - 0.05$$

## Расчёт толщины, А, обоймы коллектора

$$\begin{aligned} A &= (20 + 44 + 6) + [(20 + 44 + 6) \times \\ &\quad (230 - 30) \times 0,000125] - 0,05 = \\ &\quad \mathbf{71,70 \text{ мм}} \end{aligned}$$

# Сопла с резьбовым креплением «+» разрезной коллектор (ф. THERMOPLAY, Италия)





# Преимущества ГКС

- *экономия материала*
- *«свобода» выбора (·) впрыска*
- *«управляемый» впрыск («каскадное» литьё)*
- *увеличение времени выдержки под давлением и снижение литьевой усадки*
- *сокращение времени цикла и повышение производительности л.ф.*
- *уменьшение объёма отходов ТПМ*

# Проблемы ГКС

*Окупаемость ГКС*

*Термодеструкция расплава*

*Коэффициент теплового расширения, КТР*

*Термостатирование литьевой формы*

*Смена цвета или материала*

*Квалификация персонала (КБ, ИП и ЛП)*

**ХКС или ГКС?**