

Instalacja cyrkulacyjna ciepłej wody użytkowej.

Zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, **każdy przewód instalacji ciepłej wody o objętości wewnątrz przewodu powyżej 3dm³ musi posiadać przewód cyrkulacyjny**, zapewniający stałą wymianę wody w instalacji ciepłej wody przy braku jej poboru.

Wynika stąd konieczność projektowania instalacji cyrkulacyjnych w budynkach.

Instalacja cyrkulacyjna zapewnia stały obieg wody w instalacji wody ciepłej i działa w przypadku braku rozbioru wody ciepłej w budynku. Poprawne jej zaprojektowanie i wykonanie pozwala na uzyskanie przez użytkowników instalacji wody o odpowiedniej temperaturze po upływie czasu nie dłuższego niż kilka sekund, niezależnie od odległości punktu poboru wody od źródła przygotowania ciepłej wody.

Zgodnie z przywołanym Rozporządzeniem, temperatura wody ciepłej w punktach poboru nie może być **wyższa niż 60°C i niższa niż 55 °C**.

Stąd dopuszczalny spadek temperatury w instalacji ciepłej wody od źródła ciepła do punktów czerpalnych wynosi 5°C.

Dodatkowo projektując instalację ciepłej wody i cyrkulacyjną należy pamiętać, że zgodnie z normą PN-B-02421:2000, **na przewodach poziomych i pionowych instalacji ciepłej wody i instalacji cyrkulacyjnej**, niezależnie od otoczenia, w jakim są usytuowane, należy stosować odpowiednią **izolację termiczną**.

Zasady obliczania instalacji cyrkulacyjnej.

Obecnie stosowana metoda termicznego równoważenia instalacji cyrkulacyjnej polega na wyznaczeniu strumienia wody cyrkulacyjnej na podstawie strat ciepła w przewodach rozprowadzających (inst. c.w.u.) oraz w pionowych przewodach cyrkulacyjnych.

Przy określaniu strat ciepła uwzględnia się rodzaj i grubość izolacji termicznej przewodów, oraz występującą różnicę temperatur pomiędzy czynnikiem płynącym w przewodach a otoczeniem.

W obliczeniach na wstępie przyjmuje się schłodzenie wody w instalacji. Tak przyjęta metoda zapewnia jednakowe temperatury w każdym pionie przy jednoczesnym zróżnicowaniu przepływu przez poszczególne piony.

Założenia i podstawowe wzory.

- Temperatura wody opuszczającej urządzenie przygotowujące ciepłą wodę: $t_{cwu} = 60^{\circ}\text{C}$
- Minimalna temperatura wody w punkcie poboru: $t_{\min} = 55^{\circ}\text{C}$
- spadek temperatury c.w.u. w instalacji: $\Delta t_{cwu} = 5^{\circ}\text{C}$
- Temperatury otoczenia przewodów wynoszą odpowiednio:
 - dla nie ogrzewanych piwnic: $t_o = 5^{\circ}\text{C}$
 - dla przewodów prowadzonych po wierzchu ścian w pomieszczeniach mieszkalnych: $t_o = 20^{\circ}\text{C}$
 - dla przewodów prowadzonych w szachtach instalacyjnych: $t_o = 25^{\circ}\text{C}$
 - dla przewodów prowadzonych w brzdach ściennych: $t_o = 40^{\circ}\text{C}$

Straty ciepła w poszczególnych odcinkach instalacji oblicza się wg zależności:

$$\dot{Q} = \pi \cdot D_z \cdot K \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot (t_p + t_k) - t_o \right] \cdot L \cdot (1 - \eta); [\text{W}]$$

gdzie:

D_z – średnica zewnętrzna przewodu [m]

K – współczynnik przenikania ciepła [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

t_p – temperatura na początku odcinka [$^{\circ}\text{C}$]

t_k – temperatura na końcu odcinka [$^{\circ}\text{C}$]

t_o – temperatura otoczenia odcinka [$^{\circ}\text{C}$]

L – długość odcinka [m]

η - sprawność izolacji – przyjmuje się: $\eta = 0,7 \div 0,9$

K – współczynnik przenikania ciepła wyznaczany wg wzorów w tabeli:

Materiał	Sposób ułożenia przewodu	Wzór [W/m ² K]
Rury miedziane wg DIN1786	poziomo	$K = 3,69 \cdot D_z^{-0,15} \cdot \Delta t^{0,24}$
	pionowo	$K = 4,45 \cdot \Delta t^{0,27}$
Rury z PP PN20 typ 3 wg DIN 8077	poziomo	$K = 1,38 \cdot D_z^{-0,43} \cdot \Delta t^{0,13}$
	pionowo	$K = 1,72 \cdot D_z^{-0,28} \cdot \Delta t^{0,15}$

Δt – różnica temperatur między temperaturą wody a otoczenia

Strumień wody cyrkulacyjnej dla całej instalacji:

$$\dot{V}_c = \frac{\Sigma \dot{Q}}{\rho \cdot c_w \cdot \Delta t_{cwu}}; [\text{m}^3 / \text{s}]$$

ΣQ - suma strat ciepła [kW]

ρ - gęstość wody [kg/m³] – 1000 kg/m³

c_w – ciepło właściwe wody [kJ/kgK] – 4,19 kJ/kgK

Δt_{cwu} – spadek temperatury c.w.u. w instalacji [K]

Natężenie przepływu cyrkulacyjnego w poszczególnych pionach, wyznaczone metodą punktów węzłowych:

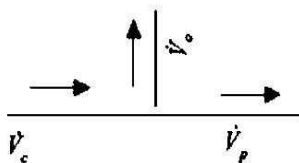
$$\dot{V}_o = \dot{V}_c \cdot \frac{\dot{Q}_o}{\dot{Q}_o + \dot{Q}_p}; [\text{dm}^3 / \text{s}]$$

V_o – obliczeniowy strumień objętościowy wody w pionie cyrkulacyjnym; dm³/s

V_c – obliczeniowy całkowity strumień objętościowy wody wypływającej z podgrzewacza ciepłej wody do instalacji; dm³/s

Q_o – obliczeniowa strata ciepła w pionie cyrkulacyjnym odgałęzienia; W

Q_p – obliczeniowa strata ciepła w pozostałej części instalacji za węzłem; W



Strumień wody cyrkulacyjnej w poziomym przewodzie cyrkulacji (strumień przechodzący):

$$\dot{V}_p = \dot{V}_c - \dot{V}_o; [\text{dm}^3 / \text{s}]$$

Na podstawie obliczonych przepływów wody w poszczególnych działkach dokonuje się doboru średnic przewodów cyrkulacyjnych, przy zachowaniu założenia wg PN – 92/B- 01706: prędkość przepływu wody w instalacji cyrkulacyjnej $v = 0,2 \div 0,5 \text{ m/s}$ (max 1,0 m/s)

Stratę ciśnienia w dla najniekorzystniejszego obiegu z uwzględnieniem straty na termostaticznym zaworze cyrkulacyjnym oblicza się z zależności:

$$\Delta p_p = \Sigma(\Delta p_l + \Delta p_m) + \Delta p_R + \Delta p_w; [\text{Pa}]$$

Δp_p - straty w obiegu ciepłej wody i cyrkulacji potrzebne do doboru pompy cyrkulacyjnej; Pa

Δp_l - straty liniowe na odcinkach obliczeniowych; Pa

Δp_m - straty miejscowe na odcinkach obliczeniowych; Pa

Δp_R - strata ciśnienia na urządzeniu regulacyjnym (np. termostaticznym zaworze regulacyjnym); Pa

Δp_w - strata ciśnienia na urządzeniu przygotowującym ciepłą wodę użytkową; Pa

Dla termostaticznego zaworu cyrkulacyjnego MTCV firmy Danfoss stratę na zaworze wyznacza się z zależności:

$$\Delta p_R = \Delta p_{\text{MTCV}} = \left(0,01 \cdot \frac{\dot{V}_o}{k_v} \right)^2; [\text{Pa}]$$

wartość k_v [m³/h] odczytywana jest z katalogu producenta w zależności od nastawy zaworu

V_o – podstawić do wzoru w **dm³/h**

Doboru pompy cyrkulacyjnej dokonuje się dla obliczonych wartości przepływu i ciśnienia dyspozycyjnego umożliwiającego pokonanie strat ciśnienia w najniekorzystniejszej pod względem hydraulicznym usytuowanym obiegu, t.j.: $G_0 \geq \dot{V}_c$

$$H_0 \geq \Delta p_p$$

Termostatyczne zawory regulacyjne do instalacji cyrkulacyjnych c.w.u. oferuje kilka firm, m.in.: Danfoss (MTCV), Frese (TemCon+, CirCon+), Oventrop (Aquaström T), Honeywell (Alwa Kombi 4). Instalowane są na pionach cyrkulacyjnych, dławią przepływ w zależności od temperatury przepływającej przez nie wody cyrkulacyjnej. Niektóre z nich mają funkcję umożliwiającą okresowe przegrzewanie wody w instalacji w celu jej dezynfekcji.

Nastawę temperatury termostatycznego zaworu cyrkulacyjnego, dla której będzie zamykany przepływ określa się na podstawie obliczeń strat ciepła w przewodach, na których zawór będzie instalowany. Jeżeli w punkcie czerpalnym na najwyższej kondygnacji temperatura ciepłej wody ma być równa 55°C, a strata ciepła w pionie cyrkulacyjnym spowoduje schłodzenie wody o 3°C, to nastawa na zaworze u podstawy pionu powinna być równa 52°C.

Kolejność obliczeń.

- Dokonać wstępnego doboru średnic pionów cyrkulacyjnych, zgodnie z tabelą wg PN-92/B-01706:

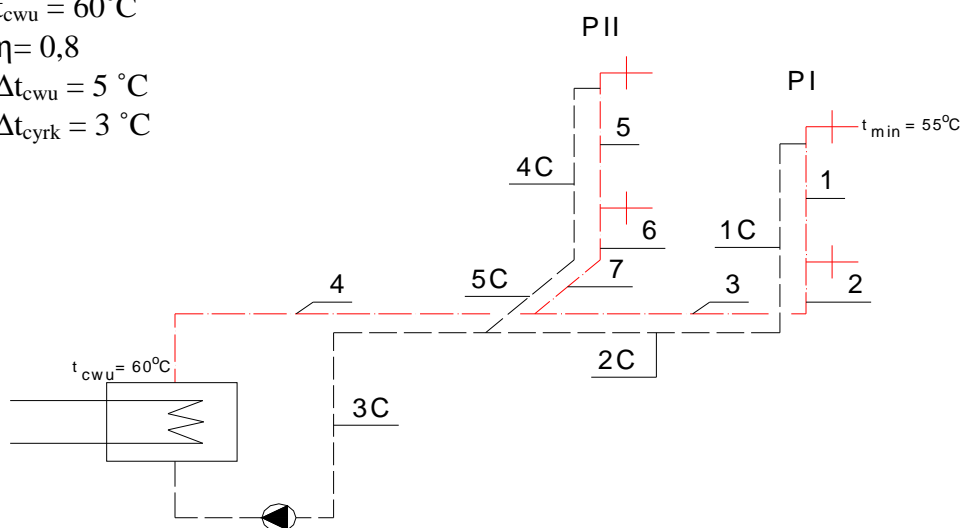
Średnica przewodu zasilającego Dz [mm]	Średnica przewodu powrotnego Dz [mm]
15÷25	15÷20
32÷50	20÷25
65÷80	25÷32
100	40

- Wyznaczyć straty ciepła na przewodach c.w.u. i pionach cyrkulacyjnych.
- Wyznaczyć całkowity strumień wody cyrkulacyjnej, a następnie strumienie dla poszczególnych odcinków instalacji.
- Dobrać średnice przewodów cyrkulacyjnych dla wyznaczonych strumieni.
- Wyznaczyć straty ciśnienia w obiegach poszczególnych pionów (w przewodach zasilających c.w.u. i cyrkulacyjnych przy strumieniu wody cyrkulacyjnej).
- Dobrać termostatyczne zawory cyrkulacyjne n.p. MTCV i obliczyć ich nastawę, a następnie odczytać wartość k_v z katalogu.
- Obliczyć straty ciśnienia na zaworach cyrkulacyjnych.
- Wyznaczyć stratę ciśnienia dla najniekorzystniejszego obiegu.
- Dobrać pompę cyrkulacyjną.

Przykład obliczeniowy.

Założenia:

- materiał instalacji: miedź
- $t_{c.w.u.} = 60^\circ\text{C}$
- $\eta = 0,8$
- $\Delta t_{c.w.u.} = 5^\circ\text{C}$
- $\Delta t_{cyrk} = 3^\circ\text{C}$



Straty ciepła w przewodach rozbiórnych

Nr	l	d _z	d _w	t _p	t _k	t _o	Δt	η	układ	K	Q _{odc}
-	m	mm	mm	°C	°C	°C	°C	-		W/m ² K	W
1	3,0	15	13	56,0	55,0	25	30,5	0,8	pion	11,2	9,65
2	1,5	18	16	56,5	56,0	25	31,2	0,8	pion	11,3	5,97
3	7,0	22	20	58,7	56,5	5	52,6	0,8	poziom	16,9	86,14
4	4,0	28	25	60,0	58,7	5	54,4	0,8	poziom	16,5	62,96
Σl	15,5										
δt	0,32	=5/Σl									
5	3,0	15	13	57,9	56,9	25	32,4	0,8	pion	11,4	10,43
6	1,5	18	16	58,4	57,9	25	33,1	0,8	pion	11,5	6,44
7	1,0	22	20	58,7	58,4	5	53,5	0,8	poziom	17,0	12,59

$$t_k = t_p - \delta t \cdot l_{odc}$$

$$\Delta t = \frac{t_p + t_k}{2} - t_o$$

t_{k4}

Straty ciepła w przewodach cyrkulacyjnych

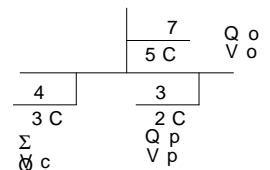
Nr	l	d _z	d _w	t _p	t _k	t _o	Δt	η	układ	K	Q _{odc}
-	m	mm	mm	°C	°C	°C	°C	-		W/m ² K	W
1C	4,0	15	13	55,0	54,2	25	29,6	0,8	pion	11,1	12,39
2C	7,0	15	13	54,2	52,8	5	48,5	0,8	poziom	17,6	56,27
3C	4,0	18	16	52,8	52,0	5	47,4	0,8	poziom	17,0	36,49
Σl	15,0										
δt	0,20	=3/Σl									
4C	4,0	15	13	56,9	56,1	25	31,5	0,8	pion	11,3	13,43

Strumienie wody cyrkulacyjnej

Nr	ΣQ W	V _c dm ³ /s	V _o dm ³ /s	V _p dm ³ /s	Q _o W	Q _p W
4, 3C	220,00	0,0105				
3, 2C				0,0076		114,15
7, 5C			0,0029		42,89	

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_{1C}$$

$$Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_{4C}$$



Dobór nastaw zaworów i wyznaczenie strat ciśnienia

Dobrano zawory MTCV DN15 firmy Danfoss

PION	t _{w,cyrk} °C	t _{zawór} °C	nastawa		kv m ³ /h	V dm ³ /h	Δp _R kPa
			teoretyczna	dobrana			
I	55,0	54,2	54,2	54	0,3	27,48	0,84
II	56,9	56,1	56,1	56	0,29	10,33	0,13

Wyznaczenie strat ciśnienia w obiegach przy przepływie wody cyrkulacyjnej.

Obieg pionu PI: Δp₄+ Δp₃+ Δp₂+ Δp₁+ Δp_{1C}+ Δp_{2C}+ Δp_{3C}

Obieg pionu PII: Δp₄+ Δp₇+ Δp₆+ Δp₅+ Δp_{4C}+ Δp_{5C}+ Δp_{3C}

Δp – strata liniowa i miejscowa na odcinku

Dobór pompy cyrkulacyjnej

$$G_o \geq V_c = 0,0105 \text{ dm}^3/\text{s} \approx 0,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_o \geq (\Delta \Sigma p_{obieg} + \Delta p_R)_{\max} + \Delta p_w$$