Fundusze Europejskie dla Dolnego Śląska
Dofinansowane przez Unię Europejską
DOLNY ŚLĄSK

Przedmiotowy projekt realizowany jest w ramach FEDS 2021-2027

Priorytet 9 Fundusze Europejskie na rzecz transformacji obszarów górniczych na Dolnym Śląsku

Działanie 9.4 Transformacja gospodarcza | Nr naboru FEDS.09.04-IP.01-013/23

Nr wniosku o dofinansowanie: FEDS.09.04-IP.01-0073/23

Załącznik nr Z8 do Opisu Przedmiotu Zamówienia (OPZ)

METODYKA WYZNACZANIA REDUKCJI ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ NA CHŁODZENIE, SEER RÓWNOWAŻNEGO ORAZ MOCY CHŁODNICZEJ FUNKCJI WYPARNEJ

(dotyczy Części A — Jednostka A; parametry tabeli 1 OPZ)

1. Cel i zakres

Niniejszy załącznik określa jednolitą dla wszystkich Wykonawców metodykę wyznaczania — na etapie przed zawarciem umowy (bilans) oraz na etapie testu odbiorowego SAT i testu weryfikacyjnego w warunkach letnich (pomiar) — następujących parametrów granicznych z tabeli 1 OPZ: (1) skuteczności chłodzenia wyparnego ε_wb (wymaganie: ε_wb ≥ 0,85), (2) redukcji zużycia energii elektrycznej na chłodzenie względem układu sprężarkowego (wymaganie: R ≥ 80%), (3) SEER równoważnego (wymaganie: SEER_równ ≥ 15), (4) użytecznej mocy chłodniczej nawiewu (wymaganie: Q_u ≥ 7,7 kW w punkcie obliczeniowym — równoważne wymaganiu temperatury nawiewu ≤ 20,5°C z tabeli 1), (5) poboru mocy elektrycznej funkcji chłodzenia wyparnego poza wentylatorami (wymaganie: P_ch ≤ 0,25 kW/centralę). Metodyka ma charakter wyłącznie obliczeniowo-pomiarowy i nie wskazuje żadnego rozwiązania konstrukcyjnego.

2. Punkt obliczeniowy

Wszystkie wielkości ofertowe wyznacza się dla punktu obliczeniowego: powietrze zewnętrzne 32,0°C / 40% wilgotności względnej; powietrze wywiewane (strumień roboczy) 25,0°C / 50% (temperatura termometru mokrego t_wb,obl = 17,9°C); strumienie powietrza nawiew/wywiew 2000/2000 m³/h. Przyjmuje się gęstość powietrza ρ = 1,20 kg/m³ oraz ciepło właściwe c_p = 1,005 kJ/(kg·K); ciepło parowania wody r = 2440 kJ/kg. Współczynnik bilansu strumienia nawiewnego: k = (2000/3600) · 1,20 · 1,005 = 0,670 kW/K.

3. Definicje wielkości

Symbol	Wielkość i sposób wyznaczenia
ε_wb [–]	Skuteczność chłodzenia wyparnego: ε_wb = (t_N1 − t_N2) / (t_N1 − t_wb,W1), gdzie: t_N1 — temperatura powietrza na wlocie strony nawiewnej wymiennika, t_N2 — temperatura powietrza nawiewanego za wymiennikiem, t_wb,W1 — temperatura termometru mokrego powietrza wywiewanego (roboczego) na wlocie do wymiennika, wyznaczona psychrometrycznie dla ciśnienia atmosferycznego. Definicja obowiązuje jednakowo dla raportu z badań (pkt 2.4 OPZ), bilansu ofertowego i testów SAT.
Q_u [kW]	Użyteczna moc chłodnicza nawiewu: Q_u = (V̇_naw / 3600) · ρ · c_p · (t_zew − t_naw), gdzie t_naw — temperatura nawiewu osiągana bez pracy chłodnicy wspomagającej. Przed zawarciem umowy: z karty doboru; na SAT: z pomiaru temperatur i przepływu oraz przeliczenia wg pkt 5.
Q_wyp [kW]	Ciepło odparowania (wielkość kontrolna bilansu, bez wartości granicznej): Q_wyp = ṁ_odp · r / 3600, gdzie ṁ_odp [kg/h] — strumień wody odparowanej w wymienniku; w poprawnie zbilansowanym pomiarze Q_wyp ≈ Q_u (±10 %), ponieważ w układzie przeciwprądowym ciepło parowania pochodzi ze strumienia nawiewnego. Na SAT ṁ_odp wyznacza się z przyrostu zawartości wilgoci strumienia roboczego (pomiar psychrometryczny przed/za wymiennikiem × strumień masowy powietrza roboczego) albo ze wskazania

Symbol	Wielkość i sposób wyznaczenia
	licznika wody zasilającej pomniejszonego o zmierzony zrzut/odsolenie — obie metody są równoważne.
P_ch [kW]	Pobór mocy elektrycznej funkcji chłodzenia wyparnego poza wentylatorami: pompa obiegowa, armatura, dezynfekcja UV-C, automatyka sekcji zraszania — mierzony odrębnym licznikiem energii obwodu funkcji chłodzenia (wymóg tabeli 1 OPZ: telemetria energii). W przypadku zaoferowania sekcji osuszania sorpcyjnego (opcja dopuszczona w pkt 2.1 OPZ) do P_ch wlicza się pobór elektryczny napędu rotora; energia cieplna regeneracji nie wchodzi do P_ch, o ile pochodzi wyłącznie z OZE lub odzysku (warunek pkt 2.1 OPZ). Przy pracy impulsowej pompy P_ch wyznacza się jako średnią z okna pomiarowego (energia / czas).
ΔP_w [kW]	Udział wentylatorów: przyrost łącznej mocy elektrycznej wentylatorów wynikający z aktywacji funkcji chłodzenia wyparnego, przy niezmienionych strumieniach powietrza: ΔP_w = P_went (tryb zraszania) − P_went (tryb suchy), pomiar w obu trybach przy 2000/2000 m³/h. Obejmuje przyrost oporów zraszanego wymiennika i odkraplacza. Ponieważ strumieniem roboczym jest powietrze wywiewane w ilości wynikającej z bilansu wentylacji budynku, mocy przetłaczania powietrza wentylacyjnego nie dolicza się.
SEER_równ [–]	SEER równoważny funkcji chłodzenia wyparnego: SEER_równ = Q_u / (P_ch + ΔP_w).
SEER_ref [–]	Sezonowy współczynnik efektywności referencyjnego układu sprężarkowego o tej samej użytecznej mocy chłodniczej: przyjmuje się SEER_ref = 3,0 — wartość jednakową dla wszystkich Wykonawców, reprezentującą typowy agregat sprężarkowy w zastosowaniu odpowiadającym przedmiotowi zamówienia.
R [%]	Redukcja zużycia energii elektrycznej na chłodzenie: R = (1 − SEER_ref / SEER_równ) × 100%. Wymaganie R ≥ 80% jest przy SEER_ref = 3,0 tożsame z wymaganiem SEER_równ ≥ 15.

4. Wykazanie przed zawarciem umowy (bilans)

Wykonawca przedkłada przed zawarciem umowy (rozdz. VIII część B zapytania, poz. P4) bilans dla punktu obliczeniowego zawierający co najmniej: ε_wb przyjęte do doboru, deklarowaną temperaturę nawiewu t_naw (spójną z wymaganiem ≤ 20,5°C), Q_u, ṁ_odp i Q_wyp, P_ch, ΔP_w, SEER_równ oraz R — wraz z kartą doboru, z której wartości te wynikają. Wartości muszą być spójne z parametrami deklarowanymi w pkt IV–V Formularza ofertowego. Jeżeli Wykonawca wpisuje do Formularza wartości gwarantowane różne od wartości doboru, wskazuje w bilansie, że wymagania są spełnione również przy jednoczesnym przyjęciu wszystkich wartości gwarantowanych.

Przykład ilustracyjny (nie stanowi wymagania ani wzorca rozwiązania): dla t_naw = 20,5°C: Q_u = (2000/3600) · 1,20 · 1,005 · (32,0 − 20,5) = 7,7 kW; przy P_ch = 0,25 kW i ΔP_w = 0,25 kW: SEER_równ = 7,7 / 0,50 = 15,4, R = (1 − 3,0/15,4) × 100% = 80,5%; kontrola bilansu: ṁ_odp = 11,5 kg/h → Q_wyp = 11,5 · 2440 / 3600 = 7,8 kW ≈ Q_u.

5. Weryfikacja na teście odbiorowym SAT

- Pomiary: temperatura i wilgotność powietrza na wlocie strony nawiewnej (powietrze zewnętrzne lub podgrzewane nagrzewnicą tymczasową — pkt 5 OPZ), nawiewanego i wywiewanego (przed/za wymiennikiem po stronie roboczej), strumienie powietrza, energia elektryczna obwodu funkcji chłodzenia (licznik), moc wentylatorów w trybie suchym i w trybie zraszania przy tych samych strumieniach, zużycie wody (licznik) i zrzut.

- Ważność okna pomiarowego: t_N1 = 29,0–35,0°C (SAT) albo rzeczywiste ≥ 26°C (test letni); t_wb,W1 ≤ 20°C; strumienie 2000/2000 m³/h ± 5%; stan ustalony ≥ 4 h (SAT) / ≥ 2 h (test letni); rozbieżność Q_wyp wobec Q_u ≤ 10%. Okno niespełniające tych warunków uznaje się za nieważne i powtarza.

- Przeliczenie do punktu obliczeniowego (wzory zamknięte, bez odrębnych uzgodnień):

- ε_wb,zm — wyznaczone z pomiaru wg pkt 3 (średnia z okna ważnego);
- t_naw,obl = 32,0 − ε_wb,zm · (32,0 − 17,9) [°C];
- Q_u,obl = 0,670 · (32,0 − t_naw,obl) [kW];
- P_ch i ΔP_w — wartości zmierzone (bez przeliczenia);
- SEER_równ,obl = Q_u,obl / (P_ch + ΔP_w); R_obl = (1 − 3,0 / SEER_równ,obl) × 100%;
- zużycie wody w punkcie obliczeniowym = zużycie zmierzone × Q_u,obl / Q_u,zm.

- Kryteria zaliczenia (po przeliczeniu do punktu obliczeniowego): ε_wb,zm ≥ 0,85 (lub ≥ wartości gwarantowanej, jeśli wyższa), R ≥ 80%, SEER_równ ≥ 15, Q_u ≥ 7,7 kW (t_naw ≤ 20,5°C), P_ch ≤ 0,25 kW/centralę, zużycie wody ≤ 20 dm³/h, brak przyrostu zawartości wilgoci nawiewu > 0,3 g/kg; Q_wyp służy kontroli domknięcia bilansu. Parametry te są parametrami gwarantowanymi w rozumieniu rozdziału X pkt 7 zapytania ofertowego.

6. Postanowienia końcowe

Metodyka jest jednakowa dla wszystkich Wykonawców i wszystkich rozwiązań dopuszczonych w OPZ (w tym równoważnych w rozumieniu pkt 4 OPZ). W sprawach nieuregulowanych stosuje się postanowienia OPZ i zapytania ofertowego. Wymaganie Q_u ≥ 7,7 kW wynika z granicy fizycznej procesu w punkcie obliczeniowym i jest tożsame z wymaganiem temperatury nawiewu ≤ 20,5°C.