

ZMIENNOŚĆ PRĘDKOŚCI PRZEPIYU POWIETRZA W AKUMULATORZE CIEPŁA O ZŁOŻU KAMIENNYM W ZALEŻNOŚCI OD KONSTRUKCJI UKŁADU ROZPROWADZANIA POWIETRZA

*Paweł Konopacki, Robert Sabat, Ryszard Hołownicki
Zakład Agrotechnologii, Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach*

*Sławomir Kurpaska, Hubert Latała
Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

Streszczenie. Sprawność układu cyrkulacji powietrza w akumulatorze o złożu kamiennym jest jednym z kluczowych czynników warunkujących jego efektywność. Celem pracy było porównanie zmian prędkości przepływu powietrza w eksperymentalnym akumulatorze w zależności od stopnia uszczelnienia samego złoża akumulatora jak i reszty układu cyrkulacji powietrza. Obiektem doświadczalnym były trzy trójsekcyjne akumulatory ciepła, spośród których jeden akumulator był wykonany w trybie uproszczonym, a dwa traktowano jako wzorce instalacji o maksymalnej szczelności. Zmiany prędkości przepływu powietrza mierzonej przy wentylatorze tłoczącym powietrze do akumulatora przyjęto jako miarę efektywności zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych i zastosowanych uszczelnień na kolejnych etapach modyfikacji układu cyrkulacji powietrza. Stwierdzono, że uproszczona konstrukcja akumulatora wykazuje prawie dwukrotnie większy strumień powietrza tłoczonego do akumulatora w porównaniu do akumulatora o maksymalnej szczelności. Efekty wprowadzonych modyfikacji zależą od miejsca ich zastosowania (przed lub za złożem kamiennym) i sekcji akumulatora przez którą jest skierowany przepływ powietrza. Uproszczone uszczelnienia rur przechodzących przez termoizolację oraz połączeń rur w kolektorach rozdzielającym i zbiorczym mogą łącznie spowodować wzrost strumienia powietrza tłoczonego do akumulatora o ok. 28-47%, natomiast uproszczenia w rozłożeniu folii uszczelniającej wokół złoża poszczególnych sekcji akumulatora odpowiadają za ok. 53-72% całkowitego możliwego zakresu zmian strumienia powietrza.

Słowa kluczowe. akumulator ciepła ze złożem kamiennym, ciśnienie wylotowe, nieuszczelnienia pneumatyczne, magazynowanie ciepła

Wprowadzenie

Podstawowym założeniem przy budowie akumulatorów ciepła o złożu kamiennym w projekcie HortiEnergia było zapewnienie jak najefektywniejszego magazynowania ciepła (w celu dogrzewania uprawy pomidorów i ogórków w tunelach foliowych) przy jak najprostszej budowie. Efektywność magazynowania ciepła zależy nie tylko od pojemności cieplnej złoża i warunków termicznych otoczenia w ciągu cyklu dobowego, ale również od konstrukcji i sprawności układu cyrkulacji powietrza. Zapewnienie sprawnej i stabilnej pracy jest gwarancją właściwego gospodarowania zasobami zarówno cieplnymi jak i energii elektrycznej niezbędnej do pracy instalacji. Badania nad doбором parametrów złoża akumulatora ciepła aby obniżyć wymaganą moc wentylatora prowadzili Sagara i Nakahara (1991). Również o dekadę wcześniejsze prace Chandra i Willits (1981) oraz Shitzer i Levy (1983) opisywały zagadnienie spadku ciśnienia w złożu kamiennym. Jednak o ile Chandra i Willits (1981) stwierdzili tylko zależność strat ciśnienia od rozmiaru frakcji kamiennej i wielkości strumienia powietrza, to wyniki modelowania strat ciśnienia przeprowadzone przez Shitzer i Levy (1983) znacznie różniły się od pomiarów doświadczalnych, co autorzy przypisywali różnicami pomiędzy kształtem, a nawet rodzajem kamieni użytych w badaniach. Badania nad czynnikami wpływającymi na opory przepływu powietrza przez złożo akumulatora są nadal kontynuowane i coraz częściej koncentrują się na tworzeniu lub weryfikacji modeli, co daje coraz lepsze rezultaty (Singh i in., 2006).

Jednak dążenie do obniżenia kosztów eksploatacji akumulatora ciepła poprzez zmniejszenie strat ciśnienia i, co za tym idzie, wymaganej mocy wentylatora, nie oznacza uproszczenia konstrukcji i obniżenia kosztów budowy, gdyż wiąże się z ryzykiem obniżenia szczelności układu cyrkulacji powietrza. O ile w literaturze można znaleźć zalecenia dotyczące parametrów złoża akumulatora aby osiągnąć wysoką sprawność energetyczną (Choudhury i in., 1995), to brak jest informacji o wpływie rozwiązań technologicznych, innych niż typ złoża, na koszty budowy akumulatora. Z powodu braku takich danych, instalacja wykonana w ramach projektu HortiEnergia jest całkowicie autorska (Hołownicki i in. 2012) i oparta na dostępnej wiedzy ogólnej z zakresu budowy instalacji wentylacyjnych i izolacji termicznych wykorzystywanych w budownictwie.

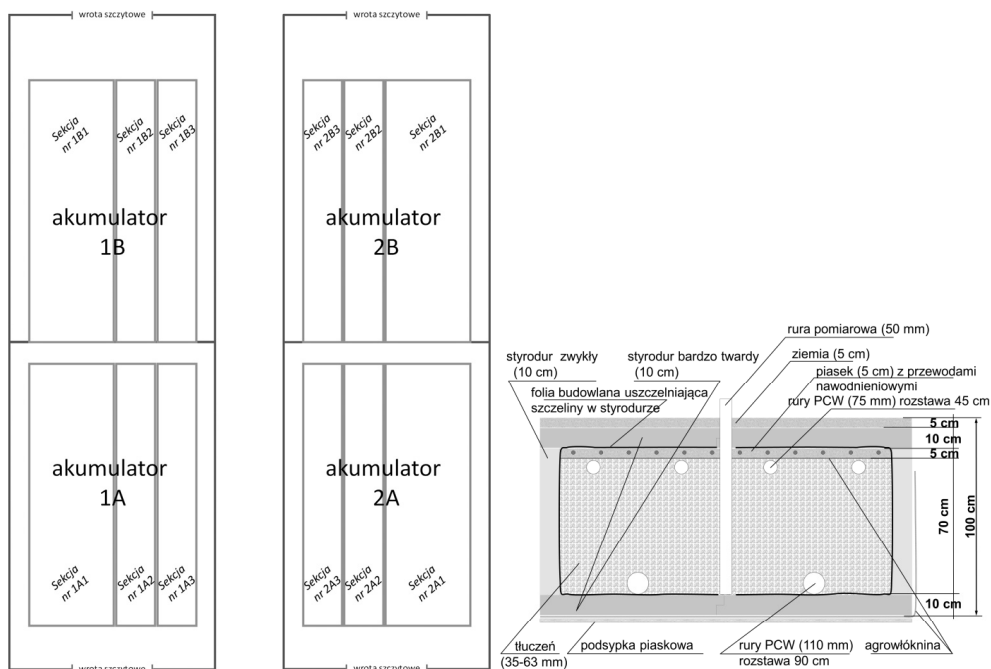
Celem badań było porównanie szczelności, zobrazowanej zmianami prędkości przepływu powietrza, układu cyrkulacji powietrza w wersji uproszczonej i w pełni uszczelnionej.

Metody

Badania przeprowadzono w obiekcie doświadczalnym projektu HortiEnergia zlokalizowanym w Instytucie Ogrodnictwa w Skierniewicach. Jest on wyposażony w cztery trójsekcyjne akumulatory ciepła o złożu kamiennym (tłuczeń porfirowy, frakcja 35-63 mm), zbudowane pod dwoma pełnowymiarowymi komercyjnymi tunelami foliowymi (Hołownicki i in. 2012) (rys. 1).

Układ cyrkulacji powietrza w akumulatorze (rys. 2) składa się z: układu zasysania powietrza (znad lub spod cieniówek tunelu), wentylatora promieniowego napędzanego trójfazowym silnikiem o mocy 2,2 kW, kolektora rozdzielającego strugi powietrza na poszczególne

gólne sekcje do perforowanych rur plastikowych wprowadzających powietrze przy dnie każdej sekcji, perforowanych rur plastikowych odbierających powietrze w górnej warstwie złoża i oddających je do kolektora zbiorczego oraz systemu odprowadzającego powietrze do tunelu lub rozprowadzającego je równomiernie pod wszystkie ryny uprawowe.



Rysunek 1. Plan tuneli z akumulatorami ciepła i ich podziałem na sekcje (po lewej) oraz przekrój wąskiej sekcji (po prawej).

Figure 1. Layout of tunnels with heat accumulators and their division into sections (on the left) and the cross section of a narrow section (on the right).

Akumulatory wykonano w dwóch wersjach konstrukcyjnych:

1. uproszczonej (akumulator w komorze 1A)
2. w pełni uszczelnionej (akumulatory w komorach 2A i 2B)

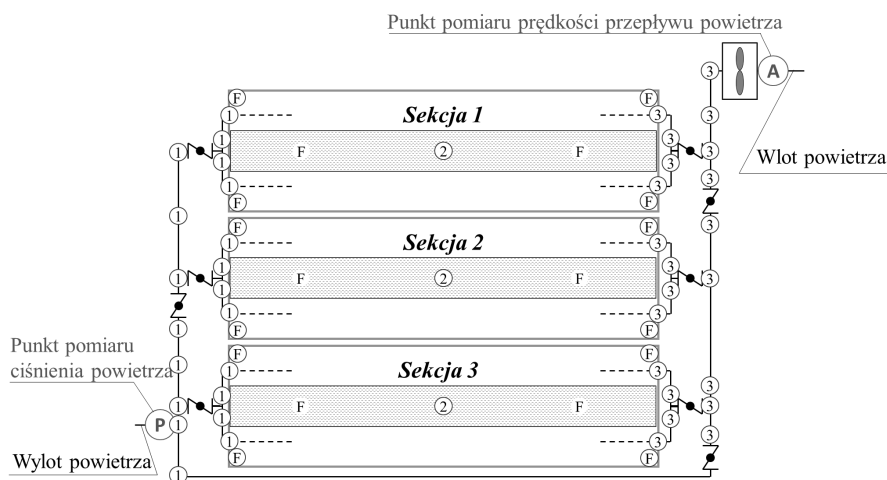
Podczas budowy akumulatora w komorze 1B sukcesywnie wprowadzano kolejne działania mające na celu zwiększenie szczelności układu cyrkulacji powietrza, które na bieżąco weryfikowano i poddawano modyfikacjom. Ostateczne zmiany w technologii wykonania akumulatorów 2A i 2B obejmowały: całkowite wyłożenie koryta złoża kamienną folią budowlaną; zwiększenie grubości warstwy pianki montażowej w miejscach przecinania płyt termoizolacji przez rury układu cyrkulacji powietrza oraz uszczelnienie wszystkich połączeń kielichowych rur poprzez zastosowanie gumowych uszczelek i owinięcie taśmą z zewnątrz.

Ponieważ podczas pracy poszczególnych akumulatorów stwierdzono duże różnice w ich charakterystykach, a szczególnie duże prędkości przepływu powietrza na wlocie do akumulatora 1A, to wykonano jego uszczelnienie, które przebiegało w trzech etapach:

- 1) zwiększenie grubości pianki montażowej w termoizolacji wokół rur wychodzących z akumulatora po stronie kolektora zbiorczego oraz uszczelnienie połączeń rur kolektora zbiorczego (Etap I),
- 2) zwiększenie grubości pianki uszczelniającej wokół otworów przelotowych pionowych rur pomiarowych (Etap II),
- 3) uszczelnienie wlotów rur doprowadzających powietrze do złoża oraz połączeń rur kolektora rozdzielającego (Etap III).

Ze względów technicznych nie była możliwa zmiana sposobu rozłożenia folii izolującej złoża kamienne, i element ten w dalszych rozważaniach szacowany jest jako różnica pomiędzy sumą efektów uzyskanych na etapach I-III, a danymi doświadczalnymi z akumulatorów 2A i 2B, które przyjęto jako wzorzec układu cyrkulacji z minimalnymi, możliwymi do osiągnięcia w praktyce, nieszczelnościami (rys. 1). W akumulatorach tych zastosowano wszystkie systemy uszczelnień dostępne w aktualnie stosowanych instalacjach wodociągowych, wentylacyjnych i systemach ociepleń budowlanych.

Pomiary prędkości przepływu powietrza wykonywano przy użyciu anemometrów MiniAir64 Mini (Schiltknecht Messtechnik AG, Gossau, Szwajcaria; wersja $0,3-20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ o dokładności $1,5\% + 0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) w układzie zasysania powietrza (rys. 2) przez wentylator.



Rysunek 2. Rozmieszczenie punktów pomiarowych do oceny szczelności układu cyrkulacji powietrza oraz miejsc uszczelniania układu cyrkulacji powietrza: 1 – w pierwszym etapie, 2 – w drugim etapie, 3 – w trzecim etapie, F – miejsca łączenia folii uszczelniającej (w rogach i w pasach wzdłuż całej długości każdej sekcji akumulatora)

Figure 2. Distribution of the measurement points for assessment of tightness of air circulation system and places of the air circulation system sealing: 1 – in the first stage, 2 – in the second stage, 3 – in the third stage, F – joints of wrapping plastic foil (in corners and along each section of an accumulator)

Pomiary nadwyżki ciśnienia wykonywano przy użyciu przetworników różnicowych HD404T (Delta Ohm srl, Caselle di Selvazzano, Włochy; wersja 0-1000 Pa o dokładności 10 Pa). W rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych struga powietrza wypływającego z akumulatora jest rozdzielana na osiem rur przeprowadzonych pod rynnami uprawowymi, a w każdej z tych rur z kolei na 33 lub 34 króćce perforowane wprowadzane bezpośrednio do wnętrza worków z substratem. Natomiast testy szczelności przeprowadzone były w okresie po zakończeniu uprawy roślin, kiedy część worków z substratem została zdjęta do analiz. Aby uzyskać warunki pomiarowe podczas testów szczelności jak najbardziej zbliżone do rzeczywistych warunków eksploatacyjnych, wykonano test szczelności jednego z akumulatorów gdy na rynnach leżały jeszcze worki z substratem. Następnie sprawdzono prędkości przepływu na wlocie oraz ciśnienie na wylocie przy dławieniu założonym na rurze o średnicy 200 mm służącej do kierowania strugi powietrza wypływającego z akumulatora swobodnie do wnętrza tunelu. Stwierdzono, że wartości prędkości przepływu powietrza na wlocie i ciśnienia na wylocie są bardzo zbliżone do rzeczywistych warunków eksploatacyjnych gdy na rurze wylotowej jest założone dławienie do średnicy 75 mm. Dalsze pomiary szczelności akumulatorów przeprowadzono przy kierowaniu strugi powietrza wypływającego z akumulatora do wnętrza tunelu z założonym dławieniem do średnicy 75 mm.

Prędkość przepływu powietrza oraz ciśnienia wylotowego rejestrowano dla szerokiego zakresu obrotów silników wentylatorów (60-3000 obr·min⁻¹). Na podstawie zebranych danych wyznaczono parametry regresji liniowej zależności prędkości przepływu od prędkości obrotowej wentylatora (równanie 1).

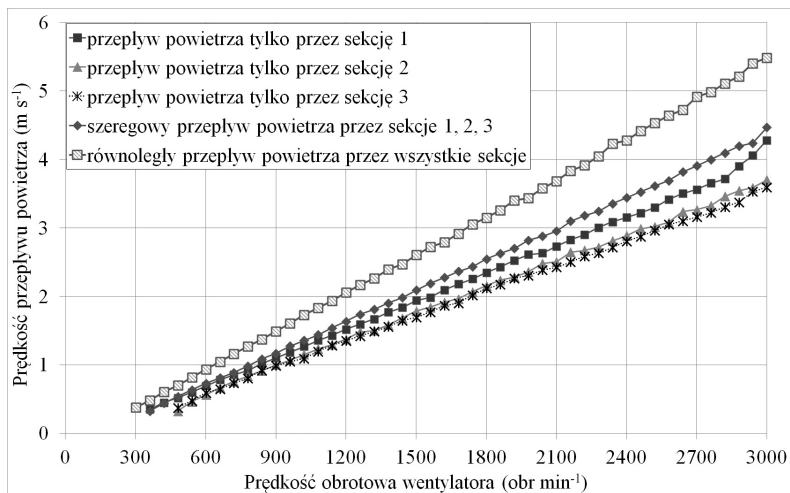
$$v = a \cdot n + b \quad (1)$$

Równania te posłużyły następnie do obliczenia średnich wartości prędkości przepływu dla wybranych arbitralnie prędkości obrotowych wentylatora 1800, 2100, 2400 i 2700 obr·min⁻¹. Obliczenia te przeprowadzono zarówno dla danych zmierzonych na poszczególnych etapach uszczelniania akumulatora 1A, jak i dla w pełni uszczelnionych akumulatorów 2A i 2B. Wartości średnie z wyników obliczonych dla akumulatorów 2A i 2B zostały opisane jako „100%”, czyli za maksymalnie szczelne. Wartości dla akumulatora 1A przed rozpoczęciem uszczelniania określono jako „0%”, czyli o najniższej szczelności. Zakres wartości „0-100%” był wartością referencyjną dla zmian prędkości przepływu uzyskiwanych po każdym etapie uszczelnień.

Wyniki i ich omówienie

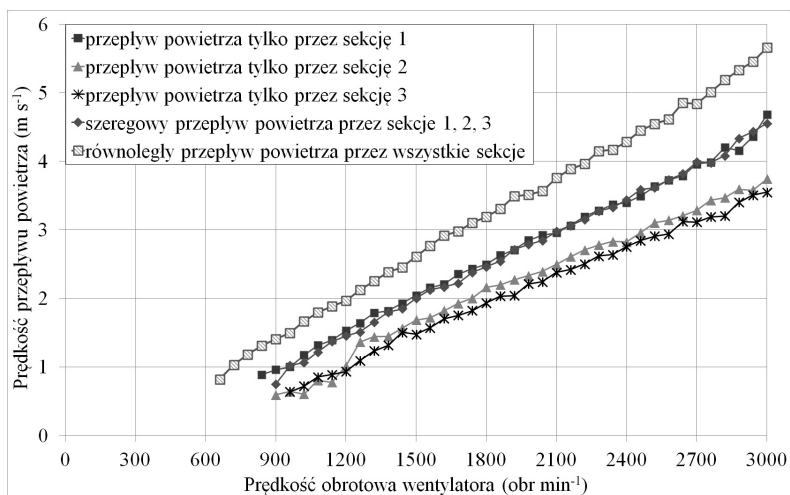
Średnie prędkości przepływu powietrza zarejestrowane dla poszczególnych prędkości obrotowych wentylatora i pięciu różnych dróg przepływu powietrza przez układ cyrkulacji przedstawiono na rysunku 3 dla akumulatora 2A oraz na rysunku 4 dla akumulatora 2B.

Zmiany charakterystyk ciśnienia wylotowego traktowano jako dane pomocnicze w interpretacji uzyskanych wyników. Rysunek 5 przedstawia przykładowy przebieg tych charakterystyk dla akumulatora 2A.



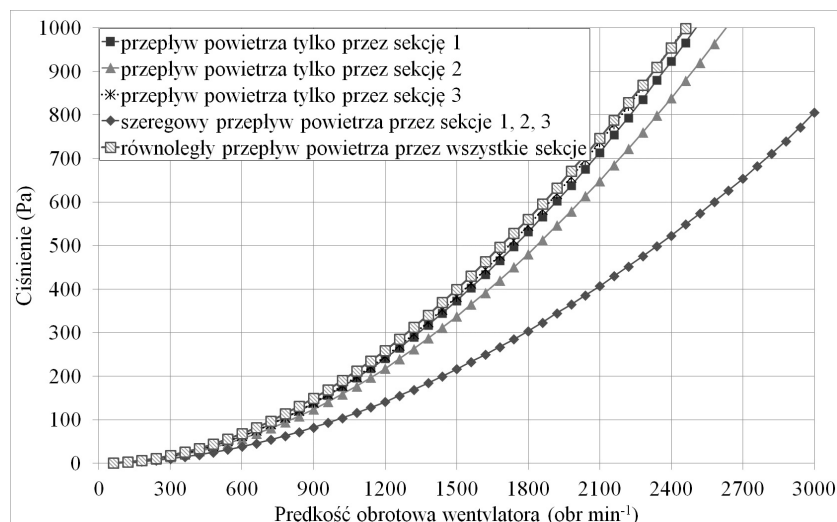
Rysunek 3. Prędkość powietrza wlotowego do akumulatora 2A (w pełni uszczelniony) w zależności od prędkości obrotowej wentylatora oraz drogi przepływu w układzie cyrkulacji powietrza

Figure 3. Speed of inlet air to accumulator 2A (fully tightened) depending on the rotational speed of a fan and the route of flow in the air circulation system



Rysunek 4. Prędkość powietrza wlotowego do akumulatora 2B (w pełni uszczelniony) w zależności od prędkości obrotowej wentylatora oraz drogi przepływu w układzie cyrkulacji powietrza

Figure 4. Speed of inlet air to accumulator 2B (fully tightened) depending on the rotational speed of a fan and the route of flow in the air circulation system



Rysunek 5. Przykładowa charakterystyka (dla akumulatora 2A) zmian ciśnienia wylotowego w zależności od prędkości obrotowej wentylatora oraz drogi przepływu w układzie cyrkulacji powietrza

Figure 5. Exemplary characteristic (for accumulator 2A) of changes of outlet air pressure depending on the rotational speed of a fan and the route of flow in the air circulation system

Wyznaczone parametry regresji liniowych zależności prędkości przepływu od prędkości obrotowej wentylatorów wyjaśniły co najmniej 98,8% zmienności obserwowanej w danych doświadczalnych. Uśrednione wartości prędkości przepływu obliczone za pomocą równań regresji liniowych dla prędkości obrotowych wentylatora 1800, 2100, 2400 i 2700 obr·min⁻¹ zostały zamieszczone w tabeli 1.

Wyniki pomiarów prędkości przepływu powietrza gdy przepustnice były otwarte tylko dla pojedynczych sekcji akumulatora (tabela 1) wykazują, że efekty uzyskane dla kolejnych etapów uszczelniania akumulatora 1A były różne dla różnych sekcji tego akumulatora.

Po I etapie uszczelniania, wykonywanym od strony kolektora zbiorczego, największy efekt (średnio około 25 punktów procentowych spadku przepływu powietrza) stwierdzono przy przepływie powietrza przez sekcję 3, położoną najbliżej wylotu powietrza z układu cyrkulacji (rys. 2). Natomiast najmniejszy efekt (średnio około 14 punktów procentowych spadku przepływu powietrza) stwierdzono przy przepływie powietrza przez sekcję 1, położoną najdalej od wylotu powietrza z układu cyrkulacji (rys. 2).

O nieprzypadkowym zróżnicowaniu efektów prac uszczelniających w etapie I świadczy odwrotny układ efektów prac uszczelniających przeprowadzonych w etapie III, gdy uszczelnienia były wykonywane po przeciwnej stronie akumulatora, tj. po stronie kolektora rozdzielającego powietrze tłoczone przez wentylator. W efekcie tego etapu prac największy efekt uzyskano przy przepływie powietrza przez sekcję 1 (położoną najbliżej wentylatora), a najmniejszy efekt przy przepływie powietrza przez sekcję 3 (położoną najdalej od

wentylatora – rys. 2). Efekty te wyniosły średnio 29,1 punktów procentowych dla sekcji 1 (tabela 1), średnio 25,1 p.p. dla sekcji 2, oraz średnio 14,1 p.p. dla sekcji 3. Podobną gradację efektów stwierdzono również przy etapie II prac polegających na uszczelnieniu pionowych rur pomiarowych przez górne pokrycie złoża, z tym, że zakres zmian prędkości przepływu wyniósł od 4 punktów procentowych spadku do 1,1 p.p. wzrostu.

Tabela 1

Średnie prędkości przepływu powietrza ($m \cdot s^{-1}$) przy różnych drogach przepływu przez układ cyrkulacji powietrza dla kolejnych etapów przebudowy akumulatora 1A oraz udziały (punkty procentowe) tych zmian w odniesieniu do prędkości przepływu w akumulatorach wzorcowych 2A i 2B

Table 1

Average speed of air flow ($m \cdot s^{-1}$) for varied routes of flow through the air circulation system for subsequent stages of 1A accumulator reconstruction and participations (percentage points) of these changes with reference to the speed of flow in sample accumulators 2A and 2B

Etapy uszczelniania akumulatora	przepływ przez sekcję 1	przepływ przez sekcję 2	przepływ przez sekcję 3	równoległy przepływ przez wszystkie sekcje	szerokowy przepływ przez sekcje 1, 2 i 3
Stan początkowy „0%” ($m \cdot s^{-1}$)	6,02	5,24	5,29	7,99	6,22
Stan wzorcowy „100%” - średnia z 2A i 2B ($m \cdot s^{-1}$)	3,10	2,70	2,58	4,04	3,22
Zakres możliwych zmian w wyniku uszczelniania akumulatora 1A „0-100%” ($m \cdot s^{-1}$)	2,92	2,54	2,71	3,95	3,01
Etap I - uszczelnienie pianką wylotów, a taśmą połączeń rur ($m \cdot s^{-1}$)	5,60	4,75	4,62	7,80	5,83
Uzyskany efekt (punkty procentowe – p.p.)	14,3	18,8	24,9	4,8	12,9
Etap II - uszczelnienie pionowych rur pomiarowych ($m \cdot s^{-1}$)	5,49	4,79	4,63	7,94	5,90
Uzyskany efekt (punkty procentowe – p.p.)	4,0	-1,1	-0,5	-3,4	-1,8
Etap III - uszczelnienie pianką wlotów i uzupełnienie uszczelek gumowych ($m \cdot s^{-1}$)	4,64	4,15	4,24	6,88	4,95
Uzyskany efekt (punkty procentowe – p.p.)	29,1	25,1	14,1	26,9	31,1
Całkowita zmiana prędkości przepływu po trzech etapach uszczelniania w stosunku do charakterystyki wzorcowych akumulatorów 2A i 2B (p.p.)	47,4	42,8	38,5	28,3	42,2
Szacowany wpływ sposobu rozłożenia folii izolującej wokół złoża kamiennego (różnica do 100%) (p.p.)	52,6	57,2	61,5	71,7	57,8

Wzrost prędkości przepływu przez sekcję 2 lub 3 można wytłumaczyć wynikami pomocniczych pomiarów ciśnienia powietrza na wylocie z układu cyrkulacji. Wykazały one, że po wykonaniu uszczelnień w etapie II ciśnienie powietrza wzrosło w każdym układzie ustawień przepustnic. Ponadto pomiary prędkości przepływu dla różnych prędkości obrotowych wentylatora wykazały, że dla niskich obrotów efektem etapu II był spadek prędkości przepływu dla każdej sekcji akumulatora. Natomiast wraz ze wzrostem prędkości obrotowych wentylatora spadek prędkości przepływu powietrza był coraz mniejszy, a w przypadku sekcji 2 i 3 stwierdzono efekt negatywny, czyli wzrost prędkości przepływu. Prawdopodobnym wytłumaczeniem jest otwarcie nieszczelności wywołane przez większe ciśnienie wytworzone przez wentylator pracujący większą mocą.

Przy przepływie strumienia powietrza równoległe przez wszystkie sekcje następuje jego rozdział i przez każdą sekcję przepływa kilkukrotnie mniej powietrza niż przy, omawianych wcześniej, przypadkach przepływu przez pojedyncze sekcje. Sumaryczne opory przepływu są wówczas najmniejsze. Z tego względu największy wpływ na wielkość strumienia przepływu ma szczelność układu cyrkulacji powietrza w jego części znajdującej się przed złożami poszczególnych sekcji. Udział uszczelnienia tej części układu cyrkulacji (etap III) stanowił ponad 28 punktów procentowych całkowitego zakresu możliwych zmian.

Przy przepływie strumienia powietrza szeregowo przez wszystkie sekcje sumaryczne opory przepływu są niewątpliwie największe, a ciśnienie spada stopniowo podczas przejścia powietrza najpierw przez sekcję 1, potem przez sekcję 2, a na koniec 3. Największy wpływ na prędkość przepływu powietrza (ponad 31 p.p.) miało uszczelnienie układu cyrkulacji powietrza po stronie kolektora rozdzielającego. Z kolei efekt uszczelnień po stronie kolektora zbiorczego był prawie 3-krotnie niższy (ok. 13 p.p.).

Wnioski

1. Szczelność połączeń znacząco wpływa na wielkość przepływu powietrza przez wentylator i w konsekwencji na wymianę ciepła w akumulatorze. W zastosowanych konstrukcjach układu cyrkulacji powietrza różnica prędkości przepływu była prawie dwukrotna.
2. Uproszczenia w konstrukcji uszczelnień zwiększają przepływ powietrza w poszczególnych sekcjach akumulatora o 39-44% zakresu możliwych zmian.
3. Podobny udział uproszczeń uszczelnień (44 punktów procentowych) można zaobserwować przy szeregowym przepływie powietrza przez wszystkie sekcje, a przy równoległym przepływie powietrza przez wszystkie sekcje udział ten maleje do ok. 32% zakresu możliwych zmian.
4. Staranne uszczelnienie pionowych rur pomiarowych zmniejsza przepływ powietrza o zaledwie ok. 4 punktów procentowych.
5. Nieszczelności można również ograniczyć przez zmianę sposobu rozłożenia folii obdzielającej poszczególne sekcje akumulatora. Należy stosować duże zakładki folii, o szerokości około 0,5 m w rogach złoża i do 1 m wzdłuż długości sekcji. Nadmierne uproszczenia z tego zakresu mogą zwiększyć przepływ powietrza o 52-61 punktów procentowych w przypadku przepływu powietrza przez poszczególne sekcje.
6. Większy przepływ powietrza spowodowany nieszczelnościami układu zasilającego występuje podczas równoległego (73 punktów procentowych) niż szeregowego (58 punktów procentowych) ładowania akumulatora.

Literatura

- Chandra, P., Willits, D.H. (1981). Pressure drop and heat transfer characteristics of air-rockbed thermal storage systems. *Solar Energy*, 27(6), 547-553.
- Choudhury, C., Chauhan, P.M., Garg, H.P. (1995). Economic design of a rock bed storage device for storing solar thermal energy. *Solar Energy*, 55(1), 29-37.
- Hołownicki, R., Konopacki, P., Kurpaska, S., Latała, H., Treder, W., Nowak, J. (2012). Magazynowanie nadwyżek ciepła w tunelach foliowych - koncepcja akumulatora kamiennego. *Inżynieria Rolnicza*, 2(136)T.1, 79-87.
- Sagara, K., Nakahara, N. (1991). Thermal performance and pressure drop of rock beds with large storage materials. *Solar Energy*, 47(3), 157-163.
- Shitzer, A., Levy, M. (1983). Transient behavior of a rock-bed thermal storage system subjected to variable inlet air temperatures: Analysis and experimentation. *J. Sol. Energy Eng.*, 105(2), 200-206. Abstrakt pozyskano z <http://www.osti.gov/energycitations/>
- Singh, R., Saini, R.P., Saini, J.S. (2006). Nusselt number and friction factor correlations for packed bed solar energy storage system having large sized elements of different shapes. *Solar Energy*, 80(7), 760-771.

VARIABILITY OF THE AIR FLOW SPEED IN THE ROCK BED HEAT ACCUMULATOR DEPENDING ON THE CONSTRUCTION OF THE AIR CIRCULATION SYSTEM

Abstract. Efficiency of the air circulation system of a rock bed heat accumulator is a key factor for its overall effectiveness. The objective of the paper was to compare the air flows through the complete air circulation system of such accumulator for different solutions of the sealing system. The experimental objects were three 3-sectional rock bed accumulators, of which one was made in a simplified way and then sealing was proceeded in stages, while two others were considered as maximally sealed. The changes of air flow measured near the fan pumping the air into were used as a measure of sealing effectiveness. It has been found that a simplification of sealing in a construction of the rock bed accumulator may result in almost twice higher air flow into the accumulator. The particular effects of simplifications depend on the location (mainly before or after the rock bed) and the location of accumulator's section (the nearest or the farthest from the fan). The simplifications of sealing of pipe passages through rock bed thermal isolation and pipe connections in air collectors may cause in total about 28-47% of total plausible range of flow changes, while simplifications in arrangement of sealing foil around the rock beds of particular sections of accumulator may result in about 53-72% of total plausible range of flow changes.

Key words. rock bed heat accumulator, outlet pressure, air leakage, heat storage

Adres do korespondencji:
Paweł Konopacki; e-mail: Pawel.Konopacki@inhort.pl
Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3
96-100 Skierniewice