

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Tomasz Kujawa

**Modelowanie
geotermalnych wymienników ciepła
typu Field – pozyskiwanie ciepła
geotermalnego**

Szczecin 2019

Recenzenci

PROF. DR HAB. INŻ. TADEUSZ BOHDAL

PROF. DR HAB. INŻ. MIECZYSLAW E. PONIEWSKI

Opracowanie redakcyjne

IWONA HILICKA

Projekt okładki

TOMASZ KUJAWA

WYDANO ZA ZGODĄ

Rektora Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie

ISBN 978-83-7663-289-6

SPIS TREŚCI

Wykaz ważniejszych oznaczeń	7
Przedmowa	9
Wstęp	11
1. MODELOWANIE GEOTERMALNYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA TYPU FIELD – PRZEGLĄD LITERATURY	15
2. MODELOWANIE MATEMATYCZNE GEOTERMALNEGO WYMIENNIKA CIEPŁA TYPU FIELD	19
2.1. Model matematyczny wymiennika geotermalnego typu Field z temperaturą zatłaczanej wody mniejszą od temperatury złoża na powierzchni ziemi	19
2.2. Model matematyczny wymiennika geotermalnego typu Field z temperaturą zatłaczanej wody większą od temperatury złoża na powierzchni ziemi	34
2.3. Model matematyczny wymiennika geotermalnego typu Field z temperaturą zatłaczanej wody większą od temperatury złoża na powierzchni ziemi przy dwóch zróżnicowanych parametrycznie warstwach górotworu (np. przy warstwie skalnej i złożu geotermalnym wodonośnym)	53
2.4. Model matematyczny wymiennika geotermalnego typu Field z temperaturą zatłaczanej wody większą od temperatury złoża na powierzchni ziemi przy dwóch zróżnicowanych parametrycznie powierzchniach wewnętrznych wymiennika (np. zaizolowanego i nieizolowanego kanału wewnętrznego wymiennika)	59
3. WSPÓŁCZYNNIKI PRZEKAZYWANIA CIEPŁA	73
3.1. Współczynnik przenikania ciepła	73
3.2. Współczynnik wnikania ciepła	74
3.3. Zastępczy opór cieplny gruntu	76
4. WYKORZYSTANIE MODELOWANIA MATEMATYCZNEGO GEOTERMALNYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA TYPU FIELD DO OCENY POZYSKANIA CIEPŁA Z OTWORU JACHÓWKA 2K	79

4.1. Właściwości ciepłno-fizyczne ośrodka otaczającego otwór wydobywczo- -zatlaczający	86
4.2. Obliczenia ilości ciepła geotermalnego możliwego do pozyskania z otworu Jachówka 2K do głębokości 2870 m	87
4.2.1. Wariant z izolacją doskonałą rury wewnętrznej na całej długości otwo- ru (2870 m)	87
4.2.2. Wariant z izolacją w postaci szczeliny powietrznej rury wewnętrznej na całej długości otworu (2870 m)	90
4.2.3. Wariant z izolacją w postaci pianki poliuretanowej w górnym odcinku rury wewnętrznej na długości 600 m (pozostała część rury wewnętrznej wymennika o długości 2270 m jest niez izolowana)	92
4.3. Obliczenia ilości ciepła geotermalnego możliwego do pozyskania z otworu Jachówka 2K do głębokości 3950 m	102
4.3.1. Wariant z izolacją doskonałą rury wewnętrznej na całej długości otwo- ru (3950 m)	104
4.3.2. Wariant z izolacją w postaci szczeliny powietrznej rury wewnętrznej na całej długości otworu (3950 m)	105
4.3.3. Wariant z izolacją w postaci pianki poliuretanowej w górnym odcinku rury wewnętrznej na długości 600 m (pozostała część rury wewnętrznej wymennika o długości 3350 m jest niez izolowana)	106
4.3.4. Wariant z izolacją w postaci szczeliny powietrznej rury wewnętrznej na długości 2870 m (pozostała część rury wewnętrznej wymennika o dłu- gości 1080 m jest niez izolowana)	108
4.4. Wnioski	120
5. PODSUMOWANIE I WNIO SKI KOŃCOWE	123
Literatura	127
Załącznik Z1	137
Załącznik Z2	147

Załącznik Z3	158
Załącznik Z4	167
Spis rysunków	173
Spis tabel	181
Streszczenie	183
Summary	184