|  |
| --- |
| Όνομα: ΑΠΕ  Επώνυμο: Αρ. Μητρώου: 29 Σεπτεμβρίου 2016 |

ΘΕΜΑ 1Ο (15 μονάδες)

500000 tn βιομάζας/έτος, τροφοδοτούνται σε μονάδα συμπαραγωγής από αεριοποίηση με συνδυασμένο κύκλο αέριο/ατμοστροβίλου (βλ. Πίνακα). Να υπολογιστεί η ηλεκτρική ισχύς της μονάδας (να συμπληρωθεί ο Πίνακας λύσης).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Βιομάζα** | | | **ξετ βιομάζα** | | | | |  | | | | **Υπόλειμ. (οργανικό)** | | | |
| C | 50 | % | C | | 41,67 | | mol/kg | ΑΘΔ ξετ βιομ. | | 19288,13 | kJ/kg ξ. βιομ. | C | 90 | | % |
| Η | 7 | % | Η | | 70,00 | | mol/kg | ΚΘΔ βιομάζας | | 14130,38 | kJ/kg βιομ. | H | 1 | | % |
| Ο | 43 | % | Ο | | 26,88 | | mol/kg | Θερμ. σχημ. ξετ βιομ. | | 7110,70 | kJ/kg ξετ βιομ. | O | 9 | | % |
| Τέφρα | 4 | % |  | |  | |  | Ο2 για πλ. Καύση | | 37,04 | mol O2/kg βιομ. |  |  | |  |
| Υγρασία | 15 | % |  | |  | |  | CH4 στο αέριο αεριοπ. | | 5 | % |  |  | |  |
| Οξυγόνο Αεριοποίησης | | | | | | | 20 | % Ο2 καύσης | Πίεση αέριοστροβίλου | | | 2000 | | kPa | |
| Η2Ο Αεριοποίησης | | | | | | | 1 | mol/mol O2 | Θερμοκρασία αέριοστροβίλου | | | 1227 | | οC | |
| Έκταση Αεριοποίησης | | | | | | | 90 | % | θερμοκρασία καυσαερίων | | | 127 | | οC | |
| ισεντρ. απ. στροβ./συμπιεστ./αντλ. | | | | | | | 90 | % | Πίεση ατμόστροβίλου | | | 20000 | | kPa | |
| ΜΒ αέρα | | | | 0,029 | | kg/mol | | | Θερμοκρασία ατμόστροβίλου | | | 600 | | οC | |
| Ατμοσφαιρική πίεση | | | | 100 | | kPa | | | Θερμοκρασία συμπυκνωτή | | | 90 | | οC | |

Πίνακας Λύσης

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Αεριοιποιητής (5 μονάδες)** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | | |  | | | |  | | | | | |  | | | | | | |  |
| **μέσο αεριοποίησης** | | | | | | | | | | | | **Ισοζύγια mol** | | | | | | | | **είσοδος** | | | | | | | | **υπόλειμμα** | | | | | **αέριο** | | | | **Παραγόμενο Αέριο** | | | | | | | | | | | | |
| Ο2 | | | | 7,41 | | | | mol/kg βιομ. | | | | C, mol/kg βιομ. | | | | | | | | 33,75 | | | | | | | | 0,00338 | | | | | 33,746 | | | | Η2 | 37,02 | | | | | mol/kg βιομ. | | | | | | |
| Η2Ο | | | | 7,41 | | | | mol/kg βιόμ. | | | | Η, mol/kg βιομ. | | | | | | | | 88,18 | | | | | | | | 0,00045 | | | | | 88,182 | | | | CO | 8,09 | | | | | mol/kg βιομ. | | | | | | |
| Οργανικό Υπόλειμμα | | | | | | | |  | | | | Ο, mol/kg βιομ. | | | | | | | | 52,33 | | | | | | | | 0,00025 | | | | | 52,326 | | | | CH4 | 3,54 | | | | | mol/kg βιομ. | | | | | | |
| 0,045 | | kg/kg βιομ. | | | | | |  | | | | | | | | | | |  | | | | | | | |  | | | | |  | | | | | CO2 | 22,12 | | | | | mol/kg βιομ. | | | | | | |
| Θερμότητα Αντίδρασης | | | | | | | | 295,11 | | | | | | | | kJ/kg βιομ. | | | | | | | | | |  | | | Θερμοκρασία αερίου | | | | | | | | | | 969,40 | | | | | οC | | | | | |
| Θερμότητα εξάτμισης νερού | | | | | | | | 640,68 | | | | | | | | kJ/kg βιομ. | | | | | | | | | |  | | | ΚΘΔ αερίου | | | | | | | | | | 14079,13 | | | | | kJ/kg βιομ. | | | | | |
| ΚΘΔ υπολείμματος | | | | | | | | 1728,29 | | | | | | | | kJ/kg βιομ. | | | | | | | | | |  | | | Όγκος αερίου | | | | | | | | | | 1,59 | | | | | m3/kg βιομ. | | | | | |
|  | | | | | | | |  | | | | | | | |  | | | | | | | | | |  | | | ΚΘΔ αερίου | | | | | | | | | | 8882,50 | | | | | kJ/m3 | | | | | |
| Θερμοκρασία αερίου | | | | | | | | 1242,40 | | | | | | | | K | | | | | | | | | |  | | | Αισθητή θερμ. αερίου | | | | | | | | | | 2300,10 | | | | | kJ/kg βιομ. | | | | | |
| **Αεριοστρόβιλος (5 μονάδες)** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h1 | | | 298,18 | | | kJ/kg αέρα | | | | | | | | | h3 | | | | | | | 1635,97 | | | | | | | | kJ/kg αέρα | | | | |
| Pr2 | | | 27,09 | | |  | | | | | | | | | Pr4 | | | | | | | 30,10 | | | | | | | |  | | | | |
| h2s | | | 700,81 | | | kJ/kg αέρα | | | | | | | | | h4s | | | | | | | 721,94 | | | | | | | | kJ/kg αέρα | | | | | Wnet | | | | | | 9332,78 | | | | | | | kJ/kg βιομ. | |
| wins | | | 402,63 | | | kJ/kg αέρα | | | | | | | | | wouts | | | | | | | 914,03 | | | | | | | | kJ/kg αέρα | | | | | Qcomb | | | | | | 10255,29 | | | | | | | kJ/kg βιομ. | |
| win | | | 447,36 | | | kJ/kg αέρα | | | | | | | | | wout | | | | | | | 822,63 | | | | | | | | kJ/kg αέρα | | | | |
| h2 | | | 745,54 | | | kJ/kg αέρα | | | | | | | | | h4 | | | | | | | 813,34 | | | | | | | | kJ/kg αέρα | | | | |
| Ο2 καύσης | | | | | | | | | | | | | | 170,97 | | | | | | | | | mol/kg βιομ. | | | | | | | | συνολικός αέρας καύσης | | | | | | | | | 23,48 | | | | | | | kg/kg βιομ. | | |
| Ν2 του οξυγόνου καύσης | | | | | | | | | | | | | | 643,16 | | | | | | | | | mol/kg βιομ. | | | | | | | | αισθητή θερμότητα αέρα καύσης | | | | | | | | | 10255,29 | | | | | | | kJ/kg βιομ. | | |
| συνολικός αέρας καύσης | | | | | | | | | | | | | | 814,13 | | | | | | | | | mol/kg βιομ. | | | | | | | |  | | | | | | | | |  | | | | | | |  | | |
| **Απαέρια καυστήρα αεριοστροβίλου** | | | | | | | | | | | | | |  | | | | | | | | |  | | | | | | | |  | | | | | | | | |  | | | | | | |  | | |
| CO2 | | | | | | | 33,75 | | | | mol/kg βιομ. | | | | | | | | | | Συνολικά mol απαερίων καυστήρα | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 862,34 | | | | | mol/kg βιομ. | | | |
| H2O | | | | | | | 44,09 | | | | mol/kg βιομ. | | | | | | | | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | | | | |  | | | |
| O2 | | | | | | | 141,34 | | | | mol/kg βιομ. | | | | | | | | | | Αισθητή θερμότητα απαερίων καυστήρα | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 33884,64 | | | | | kJ/kg βιομ. | | | |
| N2 | | | | | | | 643,16 | | | | mol/kg βιομ. | | | | | | | | | | Πρότυπος αέρας που αντιστοιχεί στα απαέρια | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 24,87 | | | | | kg/kg βιομ. | | | |
| **Ατμοστρόβιλος (5 μονάδες)** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ατμός στροβίλου | | | | | 3,23 | | | | | kg/kg βιομ. | | | | | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h1 | 335,02 | | | | kJ/kg | | | | x4s | | | | 0,83 | | | | |  | | | | | |  | | | | | | | | | |  | | | | |  | | | | | |
| wins | 24,75 | | | | kJ/kg | | | | h4s | | | | 2253,27 | | | | | kJ/kg | | | | | | Wout | | | | | | | | | | 3735,90 | | | | | kJ/kg βιομ. | | | | | |
| win | 27,50 | | | | kJ/kg | | | | wouts | | | | 1285,73 | | | | | kJ/kg | | | | | | Win | | | | | | | | | | 88,79 | | | | | kJ/kg βιομ. | | | | | |
| h2 | 362,52 | | | | kJ/kg | | | | wout | | | | 1157,16 | | | | | kJ/kg | | | | | | Wnet | | | | | | | | | | 3647,11 | | | | | kJ/kg βιομ. | | | | | |
| h3 | 3539,00 | | | | kJ/kg | | | | h4 | | | | 2381,84 | | | | | kJ/kg | | | | | | Q | | | | | | | | | | 6608,18 | | | | | kJ/kg βιομ. | | | | | |
|  |  | | | |  | | | |  | | | |  | | | | |  | | | | | |  | | | | | | | | | |  | | | | |  | | | | | |
| **Wnet cc** | 205,79 | | | | MW | | | |  | | | |  | | | | |  | | | | | |  | | | | | | | | | |  | | | | |  | | | | | |

ΘΕΜΑ 2Ο (5 μονάδες)

Αν το κόστος της βιομάζας είναι 80 €/t και η τιμή διάθεσης της ηλεκτρικής MWh είναι 150 €, να υπολογιστεί ο χρόνος αποπληρωμής των ιδίων κεφαλαίων της σχετικής επένδυσης (να αγνοηθεί η παραγωγή θερμότητας.

Πίνακας Λύσης

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Δυναμικότητα | 205,79 | ΜWel | Εργασία | 12,35 | εκ. € |
| Ειδική πάγια επένδυση | 1096,30 | €/kWel | Λοιπά έξοδα | 8,23 | εκ. € |
| Πάγια επένδυση | 225,61 | εκ. € | Λειτουργικά έξοδα | 60,58 | εκ. € |
| Επιδότηση | 90,25 | εκ. € | Αποσβέσεις | 13,54 | εκ. € |
| Ίδια | 135,37 | εκ. € | EBTD | 209,83 | € |
| Έσοδα ηλεκτρικής ενέργειας | 270,41 | εκ. € | κέρδη προ φόρων | 196,30 | € |
| Έξοδα πρώτης ύλης | 40,00 | εκ. € | Καθαρά κέρδη | 147,22 | € |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | Χρόνος αποπληρωμής | 0,92 | έτη |

ΘΕΜΑ 3Ο (10 μονάδες)

Μονάδα αναερόβιας χώνευσης τροφοδοτείται με ζωικά απόβλητα (1000 tn/yr) και ενεργειακό αραβόσιτο (2000 tn/gr – Πίνακας Δεδομένων). Να συμπληρωθεί ο Πίνακας Αποτελεσμάτων.

Πίνακας Δεδομένων

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ολικά στερεά στον χωνευτή | | 10 | % |  |  |  |
|  | ζωικά | αραβόσιτος |  |  |  |  |
| C | 50 | 48 | % κ.β. | μετατροπή πτητικών στερεών | 50 | % VS |
| O | 44 | 44 | % κ.β. | Θερμοκρασία χώνευσης | 37 | οC |
| H | 6 | 8 | % κ.β. |  |  |  |
| ανόργανα | 4 | 3 | % κ.β. |  |  |  |
| πτητικά στερεά (VS) | 70 | 80 | % TS |  |  |  |

Πίνακας Αποτελεσμάτων

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Σύσταση ολικών στερεών (2,5 μονάδες)** | |  |  |  | **Χωνευτής (2,5 μονάδες)** | |  |  |  |
| C | 47,04 | % κ.β. |  |  | Μετατροπή στερεών | 50,00 | % VS |  |  |
| O | 42,53 | % κ.β. |  |  | HRT | 20,31 | days |  |  |
| H | 7,09 | % κ.β. |  |  | Τροφοδοσία | 82,19 | m3/d | 0,0010 | m3/s |
| ανόργανα | 3,33 | % κ.β. |  |  | V υγρής φάσης | 1669,41 | m3 |  |  |
| σταθερός άνθρακας | 20,00 | % TS |  |  | V χωνευτή | 2225,88 | m3 |  |  |
| **Σύσταση πτητικών στερεών (2,5 μονάδες)** | | |  |  | **Παραγωγή βιοαερίου (2,5 μονάδες)** | | |  |  |
| C | 35,27 | % κ.β. | 29,39 | mol/kgVS | CH4 | 17,59 | mol/kgVS |  |  |
| O | 55,48 | % κ.β. | 34,67 | mol/kgVS | CO2 | 11,80 | mol/kgVS |  |  |
| H | 9,25 | % κ.β. | 92,52 | mol/kgVS | CH4 | 59,86 | % κ.ο. |  |  |
| **Τροφοδοσία πτητικών στερεών** | 76,67 | % TS |  |  | CO2 | 40,14 | % κ.ο. |  |  |
|  | 2300 | tnVS/yr |  |  | βιοαέριο | 24,01 | lt/s |  |  |
|  | 0,073 | kgVS/s |  |  | ΚΘΔ βιοαερίου | 21,45 | kJ/lt | 514,89 | kJ/s |

ΑΘΔ = 33.890,4 xC + 144.180,6 x (H – O/8) [kJ/kg] Λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης νερού: 40,7 kJ/mol

Θερμοχωρητικότητα νερού: 4,23 kJ/kgK Πυκνότητα νερού: 1000 kg/m3

**1o Θέμα**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Θερμοδυναμικά Δεδομένα πρότυπου ιδανικού αέρα** | | | | **Άλλα θερμοδυναμικά δεδομένα** | | |
| **Τ, Κ** | **Pr** | **h, kJ/kg** |  | **ΔΗCO2** | 393,5 | kJ/mol |
| **298** | 1,3543 | 298,18 |  | **ΔΗCO** | 110,5 | kJ/mol |
| **400** |  | 400,98 |  | **ΔΗH2Og** | 241,8 | kJ/mol |
| **680** | 25,85 | 691,82 |  | **ΔΗCH4** | 74,5 | kJ/mol |
| **700** | 28,8 | 713,27 |  | **Θερμοχωρητικότητες αερίων, kJ/molK** | | |
| **1500** | 601,9 | 1635,97 |  |  | **α** | **β** |
| **700** | 28,8 | 713,27 |  | **cpH2** | 0,028 | 3,39E-06 |
| **720** | 32,02 | 734,82 |  | **cpCO** | 0,028 | 5,02E-06 |
| **Θερμοδυναμικά Δεδομένα νερού/ατμού** | | |  | **cpCH4** | 0,022 | 4,81E-06 |  |  |
| **Τ, οC** | **80** |  | **600** | **cpCO2** | 0,043 | 1,15E-05 |
| **P, bar** | **0,47416** | **200** | **200** | **cpH2O** | 0,034 | 6,28E-07 |
| **vl, m3/kg** | 0,001029 | 0,001452 |  | **cpO2** | 0,035 | 1,08E-06 |
| **hl, kJ/kg** | 335,02 |  |  | **cpN2** | 0,027 | 4,18E-06 |
| **hv, kJ/kg** | 2643,0 |  | 3539,0 |  |  |  |
| **sl, kJ/kgK** | 1,0756 |  |  |  |  |  |
| **sg, kJ/kgK** | 7,6111 |  | 6,5075 |  |  |  |

**2o Θέμα**

Ειδική πάγια επένδυση: 7675-1235\*ln(Δυναμικότητα σε MW) Επιδότηση: 40 % Πάγιας επένδυσης

Εργασία: 3 εργαζόμενοι ανά MW, 20.000 €/εργαζόμενο Λοιπά έξοδα: (2/3)\*Εργασία

Αποσβέσεις: 10 % Ιδίων κεφαλαίων Φόρος: 25 %

**3o Θέμα**

Αντίδραση χώνευσης: **CaHbOcNd** + [(4a-b-2c+3d)/4]**H2O** => [(4a+b-2c-3d)/8]**CH4** + [(4a-b+2c+3d)/8]**CO2** + d**NH3**

Μετατροπή πτητικών στερεών: **% μετατροπή VS** = 17,9 x ln**HRT** – 3,9

Όγκος χωνευτή: Vχωνευτή = 4/3 Vυγρή φάσης