|  |
| --- |
| Όνομα: ΑΠΕ  Επώνυμο: Αρ. Μητρώου: 1 Φεβρουαρἰου 2018 |

ΘΕΜΑ 1Ο (20 μονάδες)

Ετήσια παραγωγή 50.000 τν βιομάζας τροφοδοτείται σε καυστήρα, τα απαέρια του οποίου εξέρχονται στους 127 οC και περιέχουν 0,5 % CO, ενώ τροφοδοτείται 50 % περίσσεια αέρα. Ο καυστήρας υπερθερμαίνει ατμό στους 500 oC σε ατμοστρόβιλο με πίεση λειτουργίας 10 MPa και θερμοκρασία συμπυκνωτή 80 oC. Να υπολογιστεί η ηλεκτρική ισχύς και η ηλεκτρική απόδοση ως προς την ΚΘΔ της τροφοδοτούμενης βιομάζας, αν οι ισεντροπικές αποδόσεις αντλίας και στροβίλου είναι 80 %. Δίνονται:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Βιομάζα** |  |  | **Θερμοδυναμικά Δεδομένα** | | |  |  |  |
| C | 52,00 | % | **Τ, οC** | **80** | **500** | **Τ, οC** | **80** | **500** |
| Η | 6,00 | % | P, bar | 0,47416 | 100 | hv, kJ/kg | 2643,0 | 3375,1 |
| Ο | 42,00 | % | vl, m3/kg | 0,001029 |  | sl, kJ/kgK | 1,0756 |  |
| Τέφρα | 3 | % | hl, kJ/kg | 335,02 |  | sg, kJ/kgK | 7,6111 | 6,5995 |
| Υγρασία | 6 | % |  |  |  |  |  |  |

**ΛΥΣΗ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ξετ** **βιομάζα** | | | | | | **Βασικοί Υπολογισμοί** | | | | | | | | | | | | | | |
| C | 520,00 | | gr/kg | | | ΑΘΔ ξετ βιομάζας | | | | | | 18.704,36 | | | | kJ/kg ξ. βιομ. | | | | |
| Η | 60,00 | | gr/kg | | | ΑΘΔ βιομάζας | | | | | | 17.020,97 | | | | kJ/kg βιομ. | | | | |
| Ο | 420,00 | | gr/kg | | | Υγρασία | | | | | | 3,33 | | | | mol/kg βιομ. | | | | |
| C | 43,33 | | mol/kg | | | Παραγόμενη υγρασία | | | | | | 27,30 | | | | mol/kg βιομ. | | | | |
| Η | 60,00 | | mol/kg | | | Ολική υγρασία | | | | | | 30,63 | | | | mol/kg βιομ. | | | | |
| Ο | 26,25 | | mol/kg | | | ΚΘΔ βιομάζας | | | | | | 15.774,19 | | | | kJ/kg βιομ. | | | | |
| **Καυστήρας** | | | | | | |  | | | | **Απαέρια** | | | | | | | | | | |
| Θερμ. σχημ. ξετ βιομάζας | | | | 6921,30 | | | kJ/kg ξετ βιομ. | | | | CO2 | | | 37,82 | | | | | mol/kg βιομ. | | | | |
| Οξυγόνο για πλ. Καύση | | | | 41,14 | | | mol O2/kg βιομ. | | | | H2O | | | 30,63 | | | | | mol/kg βιομ. | | | | |
| Τροφοδοσία Οξυγόνου | | | | 61,71 | | | mol O2/kg βιομ. | | | | CO\* | | | 1,62 | | | | | mol/kg βιομ. | | | | |
| Τροφοδοσία Αζώτου | | | | 232,14 | | | mol O2/kg βιομ. | | | | O2 | | | 21,38 | | | | | mol/kg βιομ. | | | | |
| Παραγόμενη θερμότητα | | | | 16826,99 | | | kJ/kg βιομ. | | | | N2 | | | 232,14 | | | | | mol/kg βιομ. | | | | |
| Απώλειες καυσαερίων | | | | 992,13 | | | kJ/kg βιομ. | | | | Συνολικά | | | 323,59 | | | | | mol/kg βιομ. | | | | |
| Λανθάνουσα θερμότητα | | | | 1246,78 | | | kJ/kg βιομ. | | | |  | | | | | |  | | |  | | | | |
| Ωφέλιμη θερμότητα | | | | 14588,09 | | | kJ/kg βιομ. | | | |  | | | | | |  | | |  | | | | |
| **Ατμοστρόβιλος** | | | | | | | | |
| h1 | | 335,02 | | | kJ/kg | | | x4s | | 0,85 | | |  | | Wout | | | 4.127,07 | | | | | kJ/kg βιομ. | | |
| wins | | 12,35 | | | kJ/kg | | | h4s | | 2.285,76 | | | kJ/kg | | Win | | | 73,09 | | | | | kJ/kg βιομ. | | |
| win | | 15,43 | | | kJ/kg | | | wouts | | 1.089,34 | | | kJ/kg | | Wel | | | 4.053,99 | | | | | kJ/kg βιομ. | | |
| h2 | | 350,45 | | | kJ/kg | | | wout | | 871,47 | | | kJ/kg | | nel | | | 25,70 | | | | | % | | |
| Ατμός στροβίλου | | 4,74 | | | kg/kg βιομ. | | | h4 | | 2.503,63 | | | kJ/kg | |  | | |  | | | | |  | | |

ΘΕΜΑ 2Ο (10 μονάδες)

Η βιομάζα του προηγούμενου θέματος τροφοδοτείται σε μονάδα αεριοποίησης βιομάζας. Να υπολογισθεί η σύσταση, η ειδική ΚΘΔ και η θερμοκρασία του παραγόμενου αερίου. Δίνονται:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Οξυγόνο Αεριοποίησης | | | 25 | % Ο2 καύσης |  | |  | kJ/molK | α | β |
| Η2Ο Αεριοποίησης | | | 1 | mol/mol O2 |  | |  | cpH2 | 0,028 | 3,39 E-06 |
| Έκταση Αεριοποίησης\* | | | 90 | % |  | |  | cpCO | 0,028 | 5,02E-06 |
| CH4 στο αέριο αεριοπ. | | | 5 | % |  | |  | cpCH4 | 0,022 | 4,81E-06 |
| Υπόλειμμα (οργανικό μέρος) | | | | ΔΗCO2 | 393,5 | kJ/mol | | cpCO2 | 0,043 | 1,15E-05 |
| C | 90 | % | | ΔΗCO | 110,5 | kJ/mol | | cpH2O | 0,034 | 6,28E-07 |
| H | 1 | % | | ΔΗH2Og | 241,8 | kJ/mol | | cpO2 | 0,035 | 1,08E-06 |
| O | 9 | % | | ΔΗCH4 | 74,5 | kJ/mol | | cpN2 | 0,027 | 4,18E-06 |

\* αναφέρεται στο σύνολο της ξηρής βιομάζας και όχι στην ξετ βιομάζα

ΛΥΣΗ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **μέσο αεριοποίησης** | | | **Αεριοιποιητής** | | είσοδος | υπόλειμμα | αέριο | **Παραγόμενο Αέριο** | | | | |
| Ο2 | 10,28 | mol/kg βιομ. | C, mol/kg βιομ. | | 39,43 | 0,00525 | 39,428 | Η2 | | 33,61 | | mol/kg βιομ. |
| Η2Ο | 10,28 | mol/kg βιόμ. | Η, mol/kg βιομ. | | 81,84 | 0,00070 | 81,836 | CO | | 13,48 | | mol/kg βιομ. |
|  | | | Ο, mol/kg βιομ. | | 58,08 | 0,00039 | 58,075 | CH4 | | 3,65 | | mol/kg βιομ. |
| Οργανικό Υπόλειμμα | | | 0,07 | kg/kg βιομ. | |  | | CO2 | | 22,30 | | mol/kg βιομ. |
| Θερμότητα Αντίδρασης | | | 944,71 | kJ/kg βιομ. | | ΚΘΔ αερίου | | | 14872,91 | | kJ/kg βιομ. | |
| Θερμότητα εξάτμισης νερού | | | 554,26 | kJ/kg βιομ. | | Όγκος αερίου | | | 1,64 | | m3/kg βιομ. | |
| ΚΘΔ υπολείμματος | | | 2122,47 | kJ/kg βιομ. | | ΚΘΔ αερίου | | | 9090,27 | | kJ/m3 | |
| Θερμοκρασία αερίου | | | 1698,89 | K | | Αισθητή θερμ. αερίου | | | 3621,44 | | kJ/kg βιομ. | |

ΘΕΜΑ 3Ο (10 μονάδες)

Μονάδα αναερόβιας χώνευσης τροφοδοτείται με ζωικά απόβλητα (1000 tn/yr) και ενεργειακό αραβόσιτο (3000 tn/gr – Πίνακας Δεδομένων). Να συμπληρωθεί ο Πίνακας Αποτελεσμάτων.

Πίνακας Δεδομένων

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ολικά στερεά στον χωνευτή | | 10 | % |  |  |  |
|  | ζωικά | αραβόσιτος |  |  |  |  |
| C | 52 | 48 | % κ.β. | μετατροπή πτητικών στερεών | 60 | % VS |
| O | 42 | 46 | % κ.β. | Θερμοκρασία χώνευσης | 37 | οC |
| H | 6 | 6 | % 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 | 47,40 | % κ.β. |  |  | Μετατροπή στερεών | 60,00 | % VS |  |  |
| O | 43,55 | % κ.β. |  |  | HRT | 35,51 | days |  |  |
| H | 5,81 | % κ.β. |  |  | Τροφοδοσία | 109,59 | m3/d | 0,0013 | m3/s |
| ανόργανα | 3,25 | % κ.β. |  |  | V υγρής φάσης | 3891,58 | m3 |  |  |
| σταθερός άνθρακας | 19,25 | % TS |  |  | V χωνευτή | 5188,77 | m3 |  |  |
| **Σύσταση πτητικών στερεών (2,5 μονάδες)** | | |  |  | **Παραγωγή βιοαερίου (2,5 μονάδες)** | | |  |  |
| C | 36,32 | % κ.β. | 30,27 | mol/kgVS | CH4 | 15,72 | mol/kgVS |  |  |
| O | 56,19 | % κ.β. | 35,12 | mol/kgVS | CO2 | 14,55 | mol/kgVS |  |  |
| H | 7,49 | % κ.β. | 74,90 | mol/kgVS | CH4 | 51,93 | % κ.ο. |  |  |
| **Τροφοδοσία πτητικών στερεών** | 77,50 | % TS |  |  | CO2 | 48,07 | % κ.ο. |  |  |
|  | 3100 | tnVS/yr |  |  | βιοαέριο | 39,99 | lt/s |  |  |
|  | 0,098 | kgVS/s |  |  | ΚΘΔ βιοαερίου | 18,61 | kJ/lt | 744,05 | 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

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