|  |
| --- |
| ΔΠΘ ΑΠΕΤμ. Μηχανικών Περιβάλλοντος 3 Οκτωβρίου 2014 |

ΘΕΜΑ 1Ο (6 μονάδες)

Να υπολογιστεί το ειδικό κόστος μεταφοράς (€/τν) της αγροτικής βιομάζας και της ξηρής αγροτικής βιομάζας (€/ξ.τν) σε απόσταση 200 χλμ, αν η υγρασία της είναι 20 %. Να υπολογιστεί το ίδιο κόστος αν η ίδια αγροτική βιομάζα μετασχηματιστεί σε πελλέτα. Δίνονται:

Μέγιστη χωρητικότητα φορτηγού 40 τόνοι Χρήση καυσίμου (Diesel) 45 L/100 km

Μέγιστη χωρητικότητα φορτηγού 130 m3 Κόστος καυσίμου 1,6 €/lt

Μέση ταχύτητα 65 Km/h Οδηγός/συντήρηση/απόσβεση/κέρδος 25 €/h

Κόστος φορτοεκφόρτωσης 0,5 €/μ3

Φαινόμενη πυκνότητα αγροτικής βιομάζας 0,15/Χ τν/μ3, όπου Χ το ποσοστό των ξηρών στερεών στη βιομάζα, πυκνότητα πελλετών αγροτικής βιομάζας 0,6 τν/μ3 και υγρασία πελλετών 10 %.

ΛΥΣΗ

Αγροτική βιομάζα

Υγρασία 20 % φαινόμενη πυκνότητα 0,15/0,80 = 0,1875 τν/μ3

Χωρητ/τητα φορτηγού 40 τν έχουν όγκο 213 μ3

 130 μ3 έχουν βάρος 24,375 τν

Άρα χωρητ/τητα φορτηγού 24,375 τν

Το κόστος ενός δρομολογίου 200 χλμ με επιστροφή είναι: (2\*200/65)\*25+2\*200\*45/100\*1,6+130\*0,5 =

= 506,85 €

Κόστος μεταφοράς βιομάζας: 20,79 €/τν Κόστος μεταφοράς ξ. βιομάζας: 25,99 €/τν

Πελλέτες

Υγρασία 10 % φαινόμενη πυκνότητα 0,6 τν/μ3

Χωρητ/τητα φορτηγού 40 τν έχουν όγκο 213 μ3

 130 μ3 έχουν βάρος 24,375 τν

Άρα χωρητ/τητα φορτηγού 40 τν

Το κόστος ενός δρομολογίου 200 χλμ με επιστροφή είναι: (2\*200/65)\*25+2\*200\*45/100\*1,6+130\*0,5 =

= 506,85 €

Κόστος μεταφοράς βιομάζας: 12,67 €/τν Κόστος μεταφοράς ξ. βιομάζας: 14,08 €/τν

ΘΕΜΑ 2Ο (18 μονάδες)

Βιομάζα με ξηρή και ελεύθερη τέφρας στοιχειακή σύσταση: C 50 %, H 7 % και O 43 % τροφοδοτείται με ρυθμό 100 χιλιάδες tn/έτος σε καυστήρα. Τα απαέρια εξέρχονται σε θερμοκρασία 125 οC και περιέχουν 0,1 % CO, ενώ τροφοδοτείται 50 % περίσσεια αέρα. Η ωφέλιμη θερμότητα από τον καυστήρα τροφοδοτείται σε ατμοστρόβιλο που λειτουργεί στους 500 oC και στα 10 MPa με απόδοση αντλίας και στροβίλου θεωρούνται 90 %. Να υπολογιστεί η ωφέλιμη θερμική ισχύς (4 μονάδες) και η απόδοση του καυστήρα (2 μονάδες) ως προς την ΚΘΔ της τροφοδοτούμενης βιομάζας, αν η υγρασία της τελευταίας είναι 15 % και η τέφρα 5 %. Να υπολογιστούν επίσης η ηλεκτρική (4 μονάδες) και θερμική (2 μονάδες) ισχύς του ατμοστροβίλου, καθώς και η ηλεκτρική απόδοση και η απόδοση συμπαραγωγής (2 μονάδες) της ολοκληρωμένης διεργασίας καυστήρα/στροβίλου, αν η θερμοκρασία λειτουργίας του συμπυκνωτή είναι 80 oC. Η. Να εκτιμηθεί επίσης ο χρόνος αποπληρωμής των ιδίων κεφαλαίων της σχετικής επένδυσης, ως προς τα κέρδη προ φόρων και αποσβέσεων (4). Δίνονται, τιμή διάθεσης της ηλεκτρικής ενέργειας 150 €/MWh , τιμή διάθεσης θερμότητας 20 €/MWthermal.

Κορεσμένο νερό στους 80 oC (Psat = 47,416 kPa):

 vf = 0,001029 m3/kg, hf = 335,02 kJ/kg, hg = 2643,70 kJ/kg, sf = 1,0756 kJ/kgK, sg = 7,611 kJ/kgK

Υπέρθερμος ατμός 500 οC, 10 MPa: hg = 3375,1 kJ/kg, sg = 6,5995 kJ/kgK

Cp: O2, N2, H2, CO2, CO, H2O, CH4: 0,035, 0,027, 0,028, 0,043, 0,028, 0,034, 0,022 kJ/molK.

Ειδική πάγια επένδυση: 4029 – 643\*ln[ηλεκτρικής δυναμικότητας σε MW] €/kWel

Επιδότηση: 40 % ιδίων

Κόστος πρώτης ύλης 60 €/ξ.τν

Κόστος εργασίας 20.000\*3\*[ηλεκτρικής δυναμικότητας σε MW] €/έτος

Λοιπά κόστη (2/3)\* κόστος εργασίας

ΛΥΣΗ

Σύσταση ξηρής και ελεύθερης τέφρας βιομάζας % κ.β. gr/kg mol/kg

C 0,50 500 41,67

H 0,07 70 70,00

O 0,43 430 26,88

ΑΘΔ ξετ βιομάζας = 33.890,4 x 0,50 + 144.180,6 x (0,07 – 0,43/8) = 19288,13 kJ/kg ξετ βιομάζας

ΑΘΔ βιομάζας = (ΑΘΔ ξετ βιομάζας) \*(1 – 5/100 – 15/100) = 15430,51 kJ/kg βιομάζας

Περιεχόμενη υγρασία = (10/100)\*1000/18 = 8,33 mol/kg βιομάζας

Παραγόμενη υγρασία = (1 – 5/100 – 15/100)\*70,00 / 2 = 28,00 mol/kg βιομάζας

Ολική εξερχόμενη υγρασία =36,33 mol/kg βιομάζας

ΚΘΔ βιομάζας = 14133,67 – 36,33 \*40,7 =13951,74 kJ/kg βιομάζας

Θερμότητα σχηματισμού ξετ βιομάζας = 7110,70 kJ/kg ξετ βιομάζας

Οξυγόνο για πλήρη καύση = 36,58 mol O2/kg βιομάζας

Τροφοδοσία Οξυγόνου = (150/100)\*30,47 = 54,88 mol O2/kg βιομάζας

Τροφοδοσία Αζώτου = (79/21)\* 42,97 = 206,43 mol Ν2/kg βιομάζας

Σύσταση απαερίων

CO2 = 33,04 mol/kg βιομάζας CO = 0,29 mol/kg βιομάζας

H2O = 36,33 mol/kg βιομάζας O2 = 18,44 mol/kg βιομάζας

N2 = 206,43 mol/kg βιομάζας

Παραγόμενη θερμότητα:

33,04\*393,5 + 36,33\*285,8 +0,29\*110,5 – 0,80\*7110,70 – 8,33\*285,8 = 15702,69 kJ/kg βιομάζας

Απώλειες καυσαερίων:

(33,04\*0,043 +36,33\*0,034 + 0,29\*0,028 + 18,44\*0,035 + 206,43\*0,027)\*(125 – 25) = 888,33 kJ/kg βιομάζας

Λανθάνουσα θερμότητα: 36,33\*40,7 = 1478,77 kJ/kg βιομάζας

Ωφέλιμη θερμότητα: 15702,69 – 1478,77 – 888,33 = 13335,59 kJ/kg βιομάζας

Ωφέλιμη θερμική ισχύς: 13335,59 \*100.000.000/(365\*24\*3600) 42.287 kW

Απόδοση: 100\*13335,59 /13951,74 = 95,58 %

**Ατμοστρόβιλος**

h1=335,02 kJ/kg h3=3375,10 kJ/kg x4s=0,845

v1=0,001029 m3/kg s3=6,5995 kJ/kgK h4g=2643,70 kJ/kg

 h2s=345,25 kJ/kg s4g=7,6111 kJ/kgK h4l=334,91 kJ/kg

wins=10,23 kJ/kg s4l=1,0756 kJ/kgK h4s=2286,33 kJ/kg

win=11,76 kJ/kg

h2=346,78 kJ/kg

Wouts = 1088,77 kJ/kg Wout = 947,23 kJ/kg h4 = 2427,87 kJ/kg

Ατμός στροβίλου =4,40 kg/kg βιομάζας nel =29,53%

Wout =4171,23 kg/kg βιομάζας nth =66,06%

Win =51,78 kg/kg βιομάζας ncogen = 95,58%

Wel =4119,45 kg/kg βιομάζας

Q = 9216,14 kg/kg βιομάζας

**Υπολογισμός χρόνου αποπληρωμης**

Δυναμικότητα 16,33 ΜWel 36,53 ΜWth

Ειδική πάγια επένδυση 2233,16 €/kWel

Πάγια επένδυση 36.463.896 € Επιδότηση 14,585,559 €

Ίδια 21,878,338 €

Έσοδα ηλεκτρικής ενέργειας 21.455.470 € Έσοδα θερμικής ενέργειας 6.400.095 €

Έξοδα πρώτης ύλης 5.100.000 € Εργασία 979.702 €

Λοιπά έξοδα 653,135 €

EBTD 21.122.728 € Χρόνος αποπληρωμής 1,03 έτη

ΘΕΜΑ 4Ο (6 μονάδες)

Να υπολογισθούν η σύσταση και η ειδική ΚΘΔ σε kJ/lt του αερίου που παράγεται από την αεριοποίηση βιομάζας με σύσταση 50 % C, 7 % H, 43 % O, τέφρα 5 %, υγρασία 15 % αν ως μέσο αεριοποίησης χρησιμοποιηθεί παροχή αέρα ίση με το 25 % του αέρα που απαιτείται για πλήρη. Η έκταση της αεριοποίησης είναι 95 % του ξηρού και ελεύθερου τέφρας μέρους της βιομάζας και η σύσταση του υπολείμματος είναι C 90 %, O 8 % και Η 2 %. Το παραγόμενο αέριο περιέχει Η2, CO, CO2, Ν2 και 5 % CH4. (Θερμότητες σχηματισμού CO2, CO, H2Og, H2Ol, CH4: 393,5, 110,5, 241,8, 285,8, 74,5 kJ/mol, λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του νερού 40,7 kJ/mol).

ΛΥΣΗ

Σύσταση ξηρής και ελεύθερης τέφρας βιομάζας % κ.β. gr/kg mol/kg

C 0,50 500 41,67

H 0,07 70 70,00

O 0,43 430 26,88

ΑΘΔ ξετ βιομάζας = 33.890,4 x 0,50 + 144.180,6 x (0,07 – 0,43/8) = 19288,13 kJ/kg ξετ βιομάζας

ΑΘΔ βιομάζας = (ΑΘΔ ξετ βιομάζας) \*(1 – 5/100 – 15/100) = 15430,51 kJ/kg βιομάζας

Περιεχόμενη υγρασία = (10/100)\*1000/18 = 8,33 mol/kg βιομάζας

Παραγόμενη υγρασία = (1 – 5/100 – 15/100)\*70,00 / 2 = 28,00 mol/kg βιομάζας

Ολική εξερχόμενη υγρασία =36,33 mol/kg βιομάζας

ΚΘΔ βιομάζας = 14133,67 – 36,33 \*40,7 =13951,74 kJ/kg βιομάζας

Θερμότητα σχηματισμού ξετ βιομάζας = 7110,70 kJ/kg ξετ βιομάζας

Οξυγόνο για πλήρη καύση = 36,58 mol O2/kg βιομάζας

Τροφοδοσία Οξυγόνου = (25/100)\*46,31 = 9,15 mol O2/kg βιομ.

Τροφοδοσία αζώτου = (79/21)\* 9,15 = 34,41 mol Η2Ο/kg βιομ.

Ισοζύγιο μάζας στον αεριοποιητή

ΕΙΣΟΔΟΣ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ

C (1 – 0,05 – 0,15)\*41,67 = 33,33 mol/kg βιομ. C 3,00 mol/kg βιομ.

O (1 – 0,05 – 0,15)\*26,88 + 8,33 + 2\*9,15 =48,13 mol/kg βιομ. O 0,20 mol/kg βιομ.

H (1 – 0,05 – 0,15)\*70,00 + 2\*8,33 =72,67 mol/kg βιομ. H 0,05 mol/kg βιομ.

ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟ ΑΕΡΙΟ

C 30,33 mol/kg βιομ.

O 47,93 mol/kg βιομ.

H 72,62 mol/kg βιομ.

Σύσταση παραγόμενου αερίου

Η2 =27,12 mol/kg βιομάζας

CO = 3,56 mol/kg βιομάζας

CO2 = 22,18 mol/kg βιομάζας

CH4 = 4,59 mol/kg βιομάζας

Ν2 = 34,41 mol/kg βιομάζας

ΣΥΝΟΛΟ = 91,86 mol/kg βιομάζας

Όγκος αερίου 91,86\*22,4 = 2.058 lt/ kg βιομάζας

ΚΘΔ αερίου 27,12\*241,8 + 3,56\*(393,15 – 110,5) + 4,59\*(393,5 +2\*241,8 – 74,5) = 11250,76 kJ/kg βιομ.

ειδική ΚΘΔ αερίου 11250,76 /2,058 = 5467,66 KJ/ lt