



НАУКОВИЙ ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

209
Частина 1
2015

ISSN 2222-8594

НАУКОВИЙ ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ

209

ЧАСТИНА ПЕРША

Серія "Техніка та енергетика АПК"

Київ – 2015

Б.Токарев Г.Г. Газогенераторные автомобили: учеб. пособие / Г.Г. Токарев. – М.: Машгиз, 1955. – 204 с.

Разработана схема и основные конструктивные параметры газогенераторного котла. Предложены высокоэффективные способы изготовления его основных элементов. Изготовлен опытный образец и установлены его технологические характеристики. Проанализирована возможность использования газогенераторного котла в качестве мини-ТЭЦ.

Газогенераторный котел, твердые виды топлива, мини-ТЭЦ.

The scheme and basic design parameters of gas generator boiler is designed. A highly effective ways of making its basic elements are proposed. Manufactured prototype and set its technological characteristics. The possibility of using gas generator boiler mini-CHP is analyzed.

Gas-generating boilers, solid fuels, mini-CHP.

УДК 631.311.6

**ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ
И НЕВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И УПРАВЛЕНИЕМ
ГЕНЕРАЦИЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

С.А. ЛАПШИН, генеральный директор ООО «ОКБ ВЭС», г. Калуга
В.В. ХАРЧЕНКО, доктор технических наук
В.А. ГУСАРОВ, кандидат технических наук
ФГБНУ «Всероссийский институт электрификации сельского
хозяйства», г. Москва

Разработана система управления генерацией в зависимости от потребления электроэнергии и возможности использования возобновляемых источников энергии. В качестве физической среды для передачи широкополосных сигналов управления генерацией в такой системе планируется использование физической среды передачи электроэнергии.

Возобновляемые источники энергии, генерирующие мощности, система управления, сети низкого напряжения, PLC, распределенная генерация, система управления генерацией, широкополосный доступ, КПД.

В настоящее время использование локальных генерирующих мощностей, не связанных с магистральными сетями и работающих для обеспечения потребностей в электроэнергии небольших территорий

© С.А. ЛАПШИН, В.В. ХАРЧЕНКО, В.А. ГУСАРОВ

**РОЗРОБКА ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО КОТЛА
ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ
ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ БІОВІДОХІДІВ**

**В.А. МАТВИЙЧУК, Н.Р. ВЕСЕЛОВСЬКА, доктори технічних наук
О.О. РУБАНЕНКО, кандидат технічних наук
Вінницький національний аграрний університет
О.М. ДМИТРИШЕН, Інженер
Томашільський цукровий завод**

Розроблено схему та основні конструктивні параметри газогенераторного котла. Запропоновано високопродуктивний спосіб виготовлення його основних елементів. Виготовлено дослідний зразок для встановлення його технологічної характеристики. Проаналізовано можливість використання газогенераторного котла як міні-ТЕЦ.

Газогенераторний котел, тверді відходи палива, міні-ТЕЦ.

Впровадження енергоощадних технологій та використання альтернативних видів палива є перспективним шляхом заощадження коштів і зменшення залежності від зарубіжних експортерів енергоресурсів, а також зменшення шкідливих викидів у навколишнє середовище [1]. Сучасний енергетичний стан країни переживає не найкращі часи, тому садівництва, рослинництва, а також побутові відходи, такі як відходи горіть. В умовах підвищення ціни на традиційні енергоносії та проблеми їх видобутком та постачання населенню перспективним є застосування і встановлення міні-ТЕЦ для населення. Така практика широко застосовується в країнах ЄС (Данія, Швеція, Німеччина, Фінляндія та ін.) У дослідженнях, проведених і висвітлених в статті Г.Г. Гелетун за відзначення, що «біомаса як паливо введено посідає четверте місце у світі постання первинної енергії і часта у загальному енергії біомаса також знаходиться на четвертому місці після вугілля природного газу та нафти...». Це дає можливість зробити висновок про актуальність дослідження існуючих і розробки нових газогенераторних котлів на твердому біопаливі [2]. Слід зазначити, що в ЄС 15 % загальному обсягу теплової енергії виробляється з біомаси, а Україна вже в 2020 році за рахунок використання біомаси зможе заощадити 3,5 млрд м³ природного газу [3].

Мета досліджень – розробка газогенераторного котла для спалювання сільськогосподарських біовідходів і побутового сміття з

високим КДП, а також розробка високоефективних і маловадходних методів виготовлення його основних елементів.

Матеріали та методи досліджень. При розробці газогенераторного котла основним завданням було забезпечення прочисті його конструкції і максимального коефіцієнта корисної дії. Діаметрний зразок котла був створений на основі промислового автомобільного газогенератора. Принцип дії полягає в тому, що тверде паливо проходить через зону високої температури без достатньої вологості кисню. Під дією цієї температури паливо перетворюється в суміш горючих газів. В основі цих газів є горючий чадний газ.

На рис. 1 показано автомобільний газогенератор, який і є прототипом розробленого газогенераторного котла [5]. На рис. 2 наведено зовнішній вигляд дослідного газогенераторного котла, який був виготовлений за відомою нами схемою.

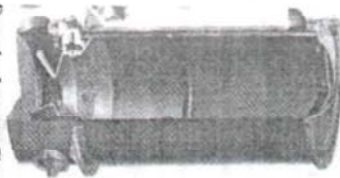


Рис. 1. Автомобільний газогенератор

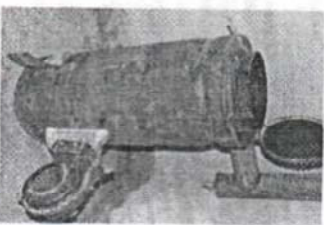


Рис. 2. Дослідний зразок газогенераторного котла

На рис. 3-4 наведено деякі елементи газогенераторного котла:



Рис. 3. Зовнішній вигляд найбільшавального бункера



Рис. 4. Вентиліатор і засоби регулювання

© В.А. МАТВИЙЧУК, Н.Р. ВЕСЕЛОВСЬКА,
О.О. РУБАНЕНКО, О.М. ДМИТРИШЕН, 2019

На рис. 5 подано принципову схему розроблення існуючі прокатні промислові котли чині є досить дорогими завдячного споживача (населення та малого бізнесу). Їх вартість перевищує 12 тис. грн. за котел потужністю 10 кВт.

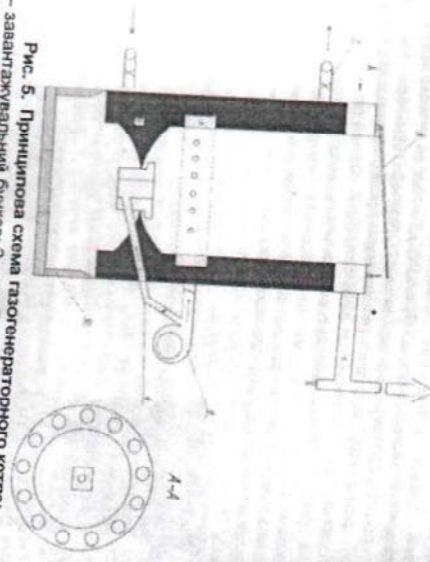


Рис. 5. Принципова схема газогенераторного котла:
 1 – завантажувальний бункер; 2 – труба подачі первинного повітря;
 3 – форсунока-змішувач; 4 – трубка теплообмінника; 5 – димовід; 6 – герметична кришка бункера; 7 – труби відведення гарячої води; 8 – вентилятор; 9 – трубка вторинного повітря; 10 – вогнетривка цегла

Тому, актуальною є задача створення вдосконаленого спрощеного конструкції і зменшення собівартості його виготовлення. Результати досліджень. До основних вартісних елементів газогенераторного котла належить сталевий корпус із фланцевими елементами формованими кільцевими канавками (див. рис. 1, 2). Решта елементів є простими у виготовленні або належать до стандартних комплектуючих (вентилятор, крани). Тому, в цій роботі значна увага приділяється розробці саме корпусу і фланцевих елементів котла. Для формування фланцевих елементів на корпусі і кришці котла та окремих фланцевих елементів нами розроблено процес ротационного відробування. На рис. 6 показано конструкцію і загальний вигляд розкочувальної головки, розробленої у вигляді приставки до лобового токарного верстата ЛТ2 для ротационного відробування фланців.

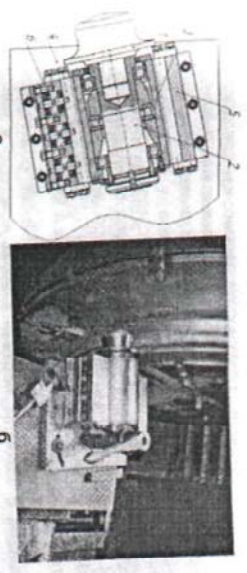


Рис. 6. Конструкція розкочувальної головки (а) і загальний вигляд розкочувальної приставки до лобового токарного верстата. 5 – утримувач; 1 – валок; 2 – вісь; 3 – втулка; 4 – спурт верстата; 6 – пружина

Спринг ефективного формування фланців відкритий нами ефект впливу активних сил тертя на напрямки і інтенсивність плинку матеріалу виготовля на контакт з валком [4]. Основними параметрами, що впливають на напрямки плинку матеріалу заготовки при розкочуванні конічними валками, є кут нахилу α од валка, а також величина і напрямки зміщення верхньої валка δ відносно од обертаючої заготовки. З виморістаним апаратом аналітичної геометрії отримано залежність кута φ між векторами швидкості контактної поверхні заготовки і валка від параметрів процесу розкочування. Кут φ між векторами швидкостей точок контактної поверхні заготовки і конічного валка від параметрів процесу розкочування визначається залежністю:

$$\varphi = \arctg \left[\frac{k_1 - k_2}{1 + k_1 k_2} \right] \quad (1)$$

де $k_1 = -x_0' / y_0'$, $k_2 = m / l$ – кутові коефіцієнти проєкції прямих, на яких лежать вектори швидкості точок заготовки і валка, на утворену розкочувальним площину; Залежність (1) кута φ від напрямку та величини зміщення валка δ при різних кутах нахилу його од графічно подано на рис. 7, а, від радіуса заготовки – на рис. 7, б.

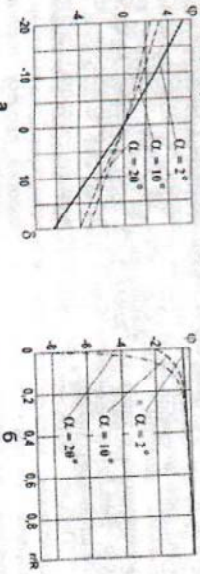


Рис. 7. Залежність кута φ від напрямку та величини зміщення валка δ (а) і радіуса заготовки (б) при різних кутах нахилу валка

Аналіз отриманих залежностей показує, що при додатному зміщенні верхньої валки (від осі обертання заготовки в напрямку прямих контакту) матеріал тече від центра заготовки ($\varphi < 0$), а при від'ємному — до центру ($\varphi > 0$).

Інтенсивність плинну несиметрична відносно нульового зміщення кута α інтенсивність відцентрового плинну збільшується. Максимальні інтенсивності плинну спостерігаються на відстані $r \approx 0,2R$ від центра заготовки (див. рис. 7, б).

Передбачене в пристрої підружнення розкочувальною валю пружинами б запобігав переангаженню пристрою у випадку значного радіального биття заготовки, а також сприяв формуванню фланців з пружних деформаций заготовки від залишкових напружень. Пристрої є досить простими і зручними для переналаштування процесу у випадку формування різних виробів.

Залізний вигляд отриманих ротаційним відбортуванням кришок з фланцями показано на рис. 8. Час формування фланця становить 30-60 с. Тонкість розмірів виготовлених деталей залежить, переважно, від точності опраки. Відхилення по товщині стінки заготовки на ділянці пластичного формотворення не перевищує 0,03 мм, що забезпечується підружненням валки.



Рис. 8. Вироби, отримані ротаційним відбортуванням круглих листових заготовок

Шорсткість обробленої поверхні заготовки не перевищувала значень $R_a = 0,16$ мкм. За рештою видіє допусків радіального і торцевого биття, циліндричності та ін. отримані вироби цілком задовольняють технічним вимогам. Важливою опрацією виготовлення корпусів газогенератора є також формування на ньому кільцевих канавок. Для цього нами був розроблений процес обтиснення обкочувальним корпусом циліндричними роликками.

Процес обтиснення обкочувальним виявився стабільним і продуктивним, проте супроводжувався значним потоншенням стілки в зоні утворення кільцевої канавки. Тому, розробка процесу полягала у визначенні параметрів обкочування, які забезпечують формування максимальної за глибиною канавки при мінімізації локального потоншення стінки і запобігальють руйнуванню матеріалу.

Для оцінки граничного стану заготовки при обкочуванні необхідно визначити напружено-деформований стан (НДС) матеріалу в пластичній зоні. Для цього було розглянуто обтиснення тонкостінної труби з товщиною стінки b радіусом $d/2$ у кільцеву щільну, анізотропну, ізотропно деформовану, для якого справедливою є умова плинності в стінці заготовки (рис. 5).

Напружений стан прийнято плоским за наявності в стінці відцентрового і колового напружень. При цьому умова плинності і відповідальний закон плинності мають вигляд:

$$A\sigma_r^2 + B\sigma_\theta^2 + C(\sigma_r - \sigma_\theta)^2 = 1 \quad (2)$$

$$d\varepsilon_r = d\lambda \sqrt{A\sigma_r^2 + C(\sigma_r - \sigma_\theta)^2} \quad (3)$$

$$d\varepsilon_\theta = d\lambda \sqrt{B\sigma_\theta^2 + C(\sigma_r - \sigma_\theta)^2}$$

де σ_r, σ_θ — колове і меридіональне напруження; А, В, С — параметри, які характеризують поточний стан анізотропії. Осі φ, μ, l мають напрямки, які характеризують та радіальний напрямки і збігаються з напрямками осей анізотропії.

Записавши рівняння руху деформованої оболонки з радіусами R_0, R_1 та високістю h в меридіональному і коловому напрямках R_0, R_1, h , що виражені «ривками» параметри заготовки, та використавши рівняння (2) і (3), були отримані формули для визначення компонент напружень:

$$\sigma_r = \pm \sigma_0 \sqrt{\frac{1 + k_1}{1 + k_2}} \left[\frac{1 + k_1}{1 + k_2} \left(\frac{R_0}{R_1} \right)^2 + \frac{1 + k_2}{1 + k_1} \left(\frac{R_1}{R_0} \right)^2 \right]^{-1/2} \quad (4)$$

$$\sigma_\theta = \pm \sigma_0 \sqrt{\frac{1 + k_2}{1 + k_1}} \left[\frac{1 + k_2}{1 + k_1} \left(\frac{R_0}{R_1} \right)^2 + \frac{1 + k_1}{1 + k_2} \left(\frac{R_1}{R_0} \right)^2 \right]^{-1/2}$$

Тут: σ_0 — границя плинності матеріалу; k_1, k_2, k_3, k_4 — компоненти швидкостей деформаций; $k_1 = C/B, k_2 = C/A$ — коефіцієнти анізотропії матеріалу відповідно у меридіональному та коловому напрямках.

Аналіз формул (4) показав, що при обтиснуванні характер НДС змінюється відзовк твірної від одно- до двохстороннього. Для експериментального дослідження НДС нами був використаний метод вимірювання сток та мікротвердості. На рис. 9 показана схема методу вимірювання сток та мікротвердості і товщини стінки корпусу в зоні кільцевої канавки.

змірів мікротвердості і товщини стінки корпусу в зоні кільцевої канавки.



Рис. 9. Схема замірів мікротвердості і товщини стінки корпусу в зоні кільцевої канавки

За результатами вимірювань було установлено, що на початковій стадії обтискання, на краях канавки (переріз S1, S9), спостерігається збільшення діаметра корпусу (<1%). Цей ефект викликаний потовщенням стінки внаслідок утворення пластичної хвилі і підтверджує наявність напружень стиску. По мірі збільшення ступеня обтискання товщина стінки біля краю канавки не змінюється, а деформування відбувається безпосередньо в зоні канавки.

При формуванні канавки шириною $b=20$ мм максимальне потовщення стінки відбувається на ділянках, обмежених перерізами S4-S6. При досягненні певного ступеня обтискання на дні канавки відбувається локальне потовщення і виникає кільцева тріщина.

Для заповнення утворення смуги зосередженого потовщення в технологічних умовах необхідно створити певну ступінь двоїстого нахилу. В цьому випадку смуга зосередженого потовщення може бути вщертяня затності листового матеріалу до деформування.

Дослідження НДС формованої кільцевої канавки показало, що воно залежить від відносних розмірів та форми інструменту і заготовки. Тому, значно таких основних параметрів, як меридіональний радіус робочої поверхні ролика R , і ширини ролика b , можна впливати на характер НДС того, що в процесі обтискання, в зоні перерізу S4-S6, сталі переважали двоїстий розтіг, а одновісний розтіг спостерігався вже в зоні перерізу S3 і S7. Тут же мало місце і максимальне потовщення стінки корпусу S3 і чиним, кожбітуючи геометричні параметри обтискувальних роликів, можна змінити місце знаходження зон максимального потовщення. Таким Обтискання заготовки на початкових стадіях роликом з відносно більшою шириною, а на заключних етапах роликом з меншою шириною і радіусом робочої поверхні дозволяють збільшувати ступінь обтискання корпусу, а потім і пливину кільцевої канавки. В цілому, застосування процесів роталійного відборування фланців і формування роталійним обтисканням основних елементів газогенераторного котла.

Ефективність та економічність роботи газогенераторного котла 3-5 т твердого палива деревини дозволяє надіти та довести до кипіння 180 л

під час тривалого 2 год. з яких 30 хв котел виводить на режим пробою. Для відведення приміщення площею 200 м² котел ставить від 40 кг до 60 кг твердого палива деревини за добу. Витрата палива залежить від температури навколишнього середовища. В запропонованому котлі можна спалювати різні види відходів: полімери, пластмаси, гуму та ін. з мінімальним впливуваченням навколишнього середовища. В перспективі на основі газогенераторного котла планується реалізувати міні ТЕЦ, блок-схема якої наведено на рис. 10.

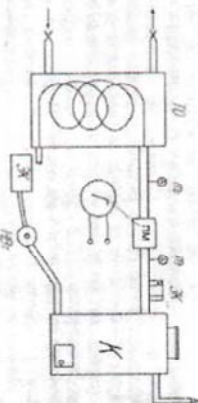


Рис. 10. Схема міні-ТЕЦ:
К – котел; ЗК – зручний клапан; М – манометр; ТМ – парова машина;
Г – генератор; ТО – теплообмінник; СБ – абсорбційний конденсат;
НВТ – насос високого тиску

Висновки. Нині проводяться експерименти з газогенераторним котлом для переведення його на режим пароутворення з метою генерування електроенергії за допомогою парової турбіни та парової машини.

У зв'язу з тим, що парова турбіна створює багато шуму і викликає дискомфорт у підсобному господарстві планується використовувати парові машини на основі промислового двигуна внутрішнього згорання швидкозалини в ньому газорозподільного механізму та модернізації системи мащення.

Список літератури

1. Степанюк Д.В. Енергетична та екологічна ефективність водогрійних котлів малої потужності / Д.В. Степанюк, Л.А. Воднар. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 148 с.
2. Гринюк І. Від природного газу до біомаси / І. Гринюк // Журнал Українського об'єднання господарств. – 2008. – № 4 (35). – С. 10-14.
3. Гелетуха Г.Г. Україна може стати експортним ресурсом газу, існуючи біомасу [Електронний ресурс] / Г.Г. Гелетуха. – Режим доступу: <http://news.plains.ua/gilnevsk/~322888>
4. Матвійчук В.А. Совершенствование процесса локальной ротационной обработки давлением на основе анализа деформируемости металлов, монография / В.А. Матвійчук, И.С. Алієва. – Казань: ИТМ, 2008. – 258 с.
5. Пат. 65070 України, МПК8 F24D08 Газогенераторный твердотопливный котел / Васарайда С.В.; заявник і патентотримувач – Васарайда Сергій Володимирович; заявл. 10.04.2013; опубл. 11.11.13, Бюл. №21.