

DOI

УДК 004.942:662.761

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ
ГАЗИФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

Б. Г. Зиганшин, Н. Н. Фахреев, Е. И. Байгильдеева, И. Х. Гайфуллин

Реферат. Для моделирования процессов термического разложения в газификационной установке принимается модель термодинамического равновесия. Система уравнений, описывающих химическое равновесие для газовой фазы, состоит из нелинейных алгебраических уравнений в логарифмической форме: закона действующих масс (диссоциации); уравнений сохранения вещества; уравнения, устанавливающего равенство парциальных давлений и числа молей веществ в продуктах разложения, а также – равенство давления смеси и суммарного числа молей веществ. Для проверки результатов численных исследований и адекватности математической модели проводились экспериментальные исследования. Ключевой целью работы состояла в разработке конструкции газификационной установки с такими параметрами который обеспечивал бы переработку всего образующегося отхода в кратчайшие сроки, к которым относятся: объем газификационной установки, количество секций установки, так как газификационная установка работает в периодическом режиме. Для решения поставленной цели необходимо подходить с этапа математических расчетов необходимых геометрических характеристик основных узлов и элементов газификационной установки. Газификационная установка работает в периодическом режиме. От момента загрузки сырья до выгрузки заны проходит 1 час, а в период перезагрузки в работу включается вторая параллельно работающая установка. В процессе работы необходимо соблюдения режима работы по двум основным параметрам: количество подаваемого пара должно составлять 0,230 кг/кг водяного пара к загружаемому сырью; температура в объеме установки поддерживается на уровне 1273К. К основным конструктивным решениям по которым необходимо провести предварительные расчеты для обоснования их конструкции являются объем газификационной установки, размеры паровой форсунки и геометрические характеристики плужков. Расчет объема газификационной установки служит для обоснования количества секций данной установки исходя из количества сырья необходимого утилизировать так как установка работает в периодическом режиме.

Ключевые слова: газификация, птицеводство, конструкция, основные элементы, конструкционные решения.

Введение. При разработке новых газификационных установок основной научно-технической проблемой является повышение степени конверсии биомассы в горючие газообразные продукты. Основная цель газификации – получение смеси горючих газов (оксид углерода (CO), водород (H₂), метан (CH₄) и др.). Тепловая энергия, необходимая для газификации исходного сырья, чаще всего получается при сжигании части биомассы при подводе предварительно нагретого воздуха в количестве существенно меньшего стехиометрического. В этом случае в продуктах газификации присутствуют такие продукты горения, как углекислый газ (CO₂), вода (H₂O) и молекулярный азот (N₂). При повышении концентрации азота (N₂) существенно снижается удельная теплота сгорания синтез-газа. При последующем сжигании синтез-газа возрастают выбросы оксидов азота (NO_x) [1, 2, 3]. Решением данной проблемы является исключение из реакции газификации воздуха и замена на более экологический водяной пар. Принятые решения по повышению конверсии биомассы в горючий синтез-газ обосновывается осуществлением в объеме газификационной установки изместных реакций конверсии водяного газа и реакции разложения монооксида азота на атомарный азот. Проведенные расчеты подтверждают данную теорию. Осуществлению данных реакций требуется установка обеспечивающая заданные режимы работы и

особенно важно герметичность установки для исключения присосов воздуха. К режимам работы можно отнести количество подаваемого газифицирующего агента в объем газификационной камеры и скорости вращения вала смесителя. Конструкционные особенности данных узлов требует предварительного математического обоснования [4, 5, 6]. Для решения данной задачи в работе нами рассматривается методика расчета конструкционных элементов разработанной газификационной установки с паровой газификацией [7, 8].

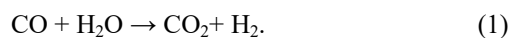
Целью работы является разработка математического аппарата расчета элементов конструкции газификационной установки, обеспечивающий точные геометрические характеристики и режимные параметры при конструировании реальной газификационной установки.

Условия, материалы и методы. В настоящей работе при обосновании конструкции и процессов применялись численные и экспериментальные исследования на основе опытно-лабораторных испытаний на базе кафедры «Инженерная экология и безопасность труда» Казанского государственного энергетического университета совместно с эколого-химической лабораторией, аккредитованной в Росаккредитации Минэкономразвития.

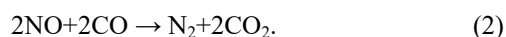
Исключить высокое содержание азота (N₂) из продуктов газификации в синтез-газе можно, применяя в качестве газифицирующего

агента высокотемпературный водяной пар, так как в водяном паре отсутствует азот (N_2), присущий воздуху и воздушной газификации.

При водяной конверсии благодаря паровой газификации происходит следующая реакция:



При паровой газификации наблюдается снижение концентрации такого вредного для окружающей среды соединения, как оксид азота (NO). Следующая реакция разложения монооксида азота на атомарный азот обосновывает экологичность предлагаемой установки [1, 4]:



При воздушной газификации, кроме азота в воздухе, азот также содержится в отходах птицеводства. Он является балластом при определении теплоты сгорания.

Осуществление данных реакции 1 и 2 имеет перспективы внедрения. Основными газифицирующими агентами установок в которых протекают данные и реакции преимущественно являются воздух и выхлопные газы, в которых присутствуют нежелательные для окружающей среды компоненты и соединения оксидов азота (NO). В работе [9] отмечается повышение калорийности синтез-газа благодаря добавлению водяного пара, но при этом температура процесса и концентрации основных составляющих синтез-газа в газификационной камере варьируется в широком диапазоне. В связи с этим требуется разработка новой газификационной установки для выработки синтез-газа, за счёт которой будет возможно повысить качество синтезируемого газа и снизить влажность путём термической конверсии молекул воды в высококалорийный синтез-газ и предложить оптимальные режимы для стабильной работы установки с высокими показателями по энергетическим и экологическим показателям.

Сложный комплекс протекающих в газификационных установках аэротермохимических процессов характеризуются наличием в рабочих объёмах многофазного тела с широким диапазоном изменения температур (от сотен до нескольких тысяч градусов), химических превращений, изменения параметров состояния рабочего тела на фоне внутрифазного и межфазного тепло- и массообмена и сложной аэродинамической картины движения рабочего тела и т.д. Данные характеристики и определяют в конечном итоге энергетические и экологические характеристики установки.

Для обоснования применения процесса газификации по утилизации отходов птицеводства предлагается проведения по этапное проведение исследований. В первую очередь требуется спрогнозировать процесс газификации учитывающий реакции (1), (2) [10, 11].

Одним из путей прогнозирования процесса газификации в таком сложном комплексе процессов является метод математического моделирования [12, 13, 14].

В конечном счёте базовая система представляет собой комплексную модель для определения неизвестных $X_z = [\gamma_{iz}, M_z, h_z, T_z, p]$ (концентрация, масса, энтальпия, температура, давление).

Составив математическую модель процессов термического разложения отходов птицеводства можно смоделировать процессы, протекающие в объёме газификационной установки и вычислить температуры при которых будет максимальный выход энергоносителя (синтез-газа) [15, 16].

В модели приняты тепловые граничные условия 3-го рода. Температура рабочего тела влияет на его термодинамические и теплофизические свойства и на скорость химических реакций [17].

Если обоснование реакций (1), (2) осуществляется математическим путем, то на втором этапе требуется сконструировать газификационную установку в которой будут осуществляться данные реакции синтеза.

Предлагается следующая методика расчета и обоснования конструкции газификационной установки.

Исходные данные принимаются для птицеводческого предприятия поголовьем 5000 голов птицы [18, 19].

Объём образования подстилочного помёта – 3,5 т/сут.

Производительность установки по результатам теоретических и экспериментальных исследований составляет 5 кг/ч. Среднее время выдержки 1 загрузки – 1 ч.

Для дальнейших расчетов задаемся двумя условиями [20, 21]:

1. Расход подстилочного помёта рассчитывается из того соображения, что утилизировать весь объём образующегося помёта необходимо, не нарушая требований экологического законодательства о сроках хранения для дальнейшей утилизации, который составляет 11 месяцев.

2. При эксплуатации газификационной установки предусмотрена плановая, в течение 11 месяцев, утилизация всего объёма образованных отходов. Одним из важных показателей для обеспечения данного условия является режим работы: производительность (5 кг/ч), которая была принята в качестве основного.

Результаты и обсуждение. В первую очередь необходимо рассчитать объём газификационной установки который вычисляется по формуле исходя из плотности помёта:

$$V = \frac{M}{\rho} = \frac{5}{800} = 0,01 м^3 \quad (3)$$

Соответствующие габаритные размеры диаметра и высоты рассчитаны следующим

образом.

Высота установки рассчитывается по формуле [22]:

$$H = \frac{V}{\pi R^2} \quad (4)$$

Высота установки составляет 1,27 м.

Площадь поверхности газификационной установки рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{пов}} = \frac{\pi}{4} \left(D^2 + \frac{8V}{\pi D} \right), \quad (5)$$

где D – диаметр газификационной камеры, м.

В результате расчёта получаем необходимую площадь газификационной камеры, равную 0,207 м².

Неизвестными в данной системе уравнений являются диаметр и высота установки,

которые подбираются путём изменения отношений D/H .

Следующим конструктивным элементом являются форсунки, которые должны обеспечивать непрерывную подачу водяного пара и предотвращение закупоривания форсунок. Таким образом, количество подаваемого водяного пара и характер шлакообразования неразрывно связаны между собой [9].

Как было установлено на практике, дополнительным преимуществом при выборе конструкции форсунки является предотвращение закупоривания отверстий форсунки при ее эксплуатации.

Среди изученных способов подачи газифицирующего агента в камеру газификации наибольшее предпочтение отдается форсункам расположенных выше днища газификационной камеры. Предлагаемая конструкция форсунки представлена на (рис. 1).

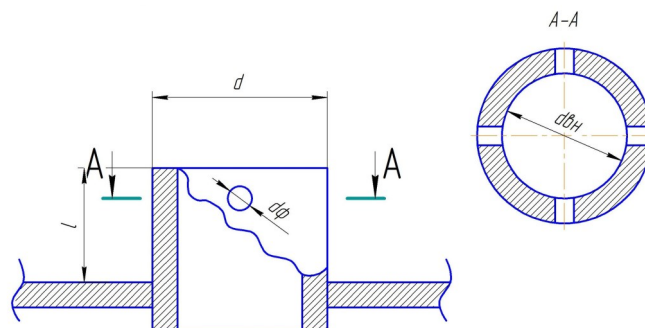


Рис. 1 – Паровая форсунка

Количество отверстий и их размеры можно определить методом скоростей. Этот способ подходит, если известен объёмный (м³/ч) или массовый расход пара (кг/ч). Основная формула для расчёта любых трубопроводов:

$$Q = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \cdot v, \quad (6)$$

где Q – объёмный расход пара, воздуха или воды, м³/ч;

D – диаметр трубопровода, м;

v – допустимая скорость потока, м/с.

На практике расчёт всегда ведётся по расходу (м³/ч) и по диаметру трубопровода (м). Если известен только массовый расход, то для пересчёта кг/ч в м³/ч необходимо учитывать удельный объём по таблице пара. При этом уделяется особое внимание подставляемым значениям – объёмный расход насыщенного и перегретого пара при пересчёте будет разным (при его одинаковом количестве и давлении). Соответственно, и диаметры трубопроводов будут различаться. После всех преобразований для расчёта диаметра трубопровода пара будет справедлива следующая формула:

$$D = \sqrt{\frac{354 \cdot Q}{v}}, \quad (7)$$

где Q – объёмный расход пара, м³/ч;

D – искомый диаметр паропровода, мм;

v – рекомендуемая скорость потока, м/с.

Во избежание комкования и для равномерного распределения температур в объёме газификационной установки предполагается механизировать процесс газификации с помощью мешалок.

Целью перемешивания является получение однородной смеси, а также интенсификация процессов тепло-массообмена как физическо-го, так и в сочетании с химическими реакциями [10].

Число оборотов вала смесителя определяется по формуле:

$$n_g = \left(\frac{96}{G} + 52 \right), \text{ мин}^{-1}, \quad (8)$$

где G – весовая ёмкость газификационной установки,

$$G = 10 \cdot V_k \cdot \delta_0, \text{ т}, \quad (9)$$

где δ_0 – объёмная масса загруженного сырья, т/м³;

V_k – ёмкости одной загрузки.

Передаточные отношения редуктора рассчитываются по формуле:

$$i_{ред} = \frac{n_6}{n_{об}}, \quad (10)$$

где $n_{об}$ – число оборотов вала, мин⁻¹;

n_6 – число оборотов вала.

Мощность двигателя смесителя определяется по формуле:

$$N_{об} = \frac{K_y \cdot 2K \cdot \omega^2 \cdot G \cdot i_{д} \cdot \gamma}{\eta}, \text{ кВт} \quad (11)$$

где K_y – коэффициент установочной мощности (задаётся равным 1,2);

K – расчётный параметр, зависящий от свойств загруженного сырья:

$$K = 0,7 + 30 \cdot \sigma, \text{ с} / \text{м}^3, \quad (12)$$

ω – угловая скорость вращения вала, которая определяется по формуле:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_6}{30}, \text{ с}^{-1}, \quad (13)$$

γ – геометрический параметр лопаток (рис. 2);

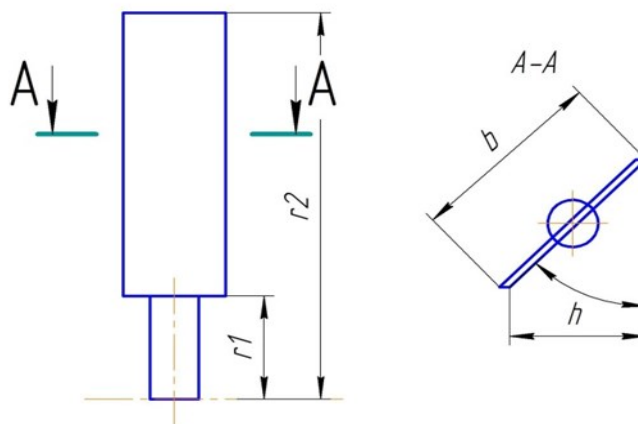


Рис. 2 – Геометрические параметры плужков

$$\gamma = \frac{1}{3} \cdot h \cdot (r_2^3 - r_1^3), \text{ м}^4, \quad (14)$$

где h – ширина горизонтальной проекции плужков, м;

$$r_2 \approx R, \text{ м}; \quad r_1 \approx 0,5R, \text{ м}, \quad (15)$$

где η – КПД привода (задаётся 0,9);
 b – ширина плужков (0,1 – 0,3 м).

Далее по расчётным значениям мощности подбираются необходимые на привод смесителя типоразмер и мощность двигателя.

По рассчитанной методике нами разработана кинематическая схема привода смесителя (рис. 3).

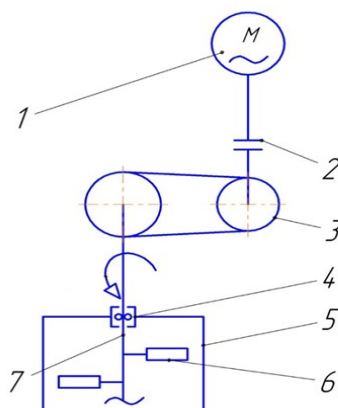


Рис. 3 – Кинематическая схема привода смесителя

1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – ременная передача; 4 – двусторонний радиально-упорный подшипник качения; 5 – корпус газификационной установки; 6 – плужки; 7 – вал

Вал 7 с расположенными на нём плужками 6 приводится в движение электродвигателем 1, соединённым через муфту 2, и регулятором

скорости вращения – ременной передачей 3. В корпус газификационной установки 5 вал вмонтирован через подшипник 4.

Направление вращения вала происходит по часовой стрелке. Для удобства представления математического аппарата (модели)

расчета конструкции и основных узлов газификационной установки нами разработана блок-схема расчета (рис. 4) [11, 12].



Рис. 4 – Математический аппарат выбора конструктивных параметров газификационной установки

Предлагаемый математический аппарат (рис. 4) при задании исходного объема сырья необходимого к переработке возможно рассчитать и подобрать необходимый типоразмер газификационной установки для птицеводческого предприятия любой производительности.

Выводы. Разработана конструктивно-технологическая схема и изготовлена газификационная установка, новизна технического решения которой защищена патентом на изобретение № 2754911 [23]. На основе теоретических расчётов обоснованы основные конструктивно-технологические параметры установки: высота – 0,7 м, диаметр – 0,1 м, вес без загрузки – 50 кг. При этом благодаря смешивающему устройству поддерживается равномерное распределение температуры и измельчение спекающихся агломератов в корпусе газификационной установки. Объем

газификационной установки для проведения лабораторных исследований составила 0,01 м³, обороты вала смесителя служащего для интенсификации тепломассообмена и разрушения крупных агломератов составила 60 об/мин. Форсунки выбранные из соображений обеспечения оптимального количества пара подаваемого в объем газификационной камеры составляет 4 форсунки диаметром 3 мм.

Получаемая после газификации и извлечение из сырья полезной энергии на выходе так же образуется зола пригодная в качестве удобрения с высоким содержанием фосфора и калия. Анализ использования золы показал, что полученная зола содержит оксид калия (K₂O) – 15,5%, оксид фосфора (P₂O₅) – 23,9%, оксид кальция (CaO) – 17%. Патогенная микрофлора при этом полностью уничтожается. Количество полученной золы достигает 20% от объема сырья.

Литература

1. Демин А.В. Оценка экологичности и эффективности процессов газификации биомассы / А.В. Демин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2021. – № 1 (79). – С. 40–50.
2. Pandey S. Poultry Litter Gasification in a Fluidized Bed Reactor: Effects of Gasifying Agent and Limestone Addition / D. S. Pandey, M. Kwapinska, A. Gómez-Barea [et al.] // Energy & Fuels. – 2016. – Vol. 30. – P. 3085 – 3096.
3. Galindo A. L. Biomass Gasification on a Downdraft Gasifier with a Two-Stage Air Supply: Effect of Operating Conditions on Gas Quality / A. L. Galindo, E. S. Lora, R. V. Andrade [et al.] // Biomass and Bioenergy. – 2014. – Vol. 61. – P. 236 – 244.
4. Ibyatov, R. I. Mathematical modeling of the grain trajectory in the workspace of the sheller with rotating decks / R. I. Ibyatov, A. V. Dmitriev, B. G. Ziganshin [et al.] // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019). Vol. 17. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00093. – DOI 10.1051/bioconf/20201700093.
5. Sabirov, R.F. Influence of physical factors on viability of microorganisms for plant protection / R. Sabirov,

A. R. Valiev, L. Karimova [et al.] // Engineering for Rural Development. Vol. 18. – Jelgava: 2019. – P. 555-562. – DOI 10.22616/ERDev2019.18.N211.

6. Khaliullin, D.T. Theoretical justification of design and technological parameters of hulling machine main working bodies / D. Khaliullin, I. Badretdinov, I. Naficov, R. Lukmanov // Engineering for Rural Development. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 1501-1506. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF321.

7. Demin A.V. Thermo-chemical equilibrium modeling and simulation of biomass gasification / A.V. Demin, R.YaDyganova., N.N. Fakhreev // International Conference on Production and Processing (ICEPP-2020), E3S Web of Conferences. 2020. – Vol. 161, 01081. – P.1–3.

8. Демчук С.В. Пат. 9767 Республика Беларусь, МПК F23G5/27 C10J3/00 C02F11/10 Способ газификации органических отходов или низкокалорийного топлива / Демчук, С.В., Скоромник, О.Д.; патентообладатель Демчук Сергей Всеволодович, Скоромник Олег Дмитриевич. – а 20040607; заявл. 01.04.2004; опубл. 28.02.2006.

9. Токарев Г.Г. Газогенераторные автомобили / Г.Г. Токарев. – М.: Машгиз, 1955. – 207 с.

10. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками / Ф. Стренк. – Польша: 1971. – 384 с. Пер. с польск. под ред. Щупляка И.А. – Л.: Химия, 1975. – 384 с.

11. Фахреев Н.Н. Экспериментальные исследования процесса утилизации подстилочного помета птицы методом термического разложения с применением паровой газификации / Н.Н. Фахреев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. – № 10(192). – С. 133–137.

12. Зиганшин Б.Г. Математическое моделирование и экспериментальные исследования газификации отходов птицеводства / Б.Г. Зиганшин, И.Х. Гайфуллин, Н.Н. Фахреев // Техника и технологии в животноводстве. – 2022. – № 3 (47). – С. 78–84.

13. Алемасов В.Е. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и энергетических установках / В.Е. Алемасов, А.Ф. Дрегалин, А.С. Черенков. – М.: Химия, 2000. – 520 с.

14. Горение и течение в агрегатах энергоустановок: моделирование, энергетика, экология / В.Г. Крюков, В.И. Наумов, А.В. Демин, А.Л. Абдуллин, Т.В. Тринос. – М.: «Янус-К», 1997. – 304 с.

15. Демин А.В. Математическое моделирование процессов термической утилизации углеродсодержащих отходов: монография «Новые технологии, материалы и оборудование в энергетике» / А.В. Демин, Р.Я. Дыганова Н.Н. Фахреев. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – Т. 3. – С. 210–227.

16. Единый реестр субъектов малого и среднего предпринимательства Федеральной налоговой службы Российской Федерации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ofd.nalog.ru/index.html>

17. Фахреев Н.Н. Оценка эффективности внедрения перспективных способов утилизации отходов АПК методом термической деструкции / Н.Н. Фахреев // Энергоресурсоэффективность и энергосбережение в Республике Татарстан. Труды XVI Международного симпозиума «Энергоресурсо-эффективность и энергосбережение». Казань: Издательство: ИП Шайхутдинов А.И., 2016. – С. 304–307.

18. Рудаков, А. И. Повышение энергетической эффективности сублимационной сушки сельскохозяйственных материалов / А. И. Рудаков, И. Р. Нафиков, Б. Л. Иванов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2007. – Т. 2. – № 2(6). – С. 101-105.

19. Ганиев А.С. Использование удобрений из куриного помета для выращивания органической продукции / А.С. Ганиев, Ф.С. Сибатуллин, Б.Г. Зиганшин, З.М. Халиуллина, И.Х. Гайфуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17. № 1 (65). – С. 9-14.

20. Гайфуллин И.Х. Влияние препарата мифосфон на эффективность процесса получения биогаза и утилизации углеродсодержащих отходов / И.Х. Гайфуллин, З.М. Халиуллина, Б.Г. Зиганшин, Ю.Х. Шогренов, Э.А. Галлямов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3 (63). С. 19-26.

21. Юнусов, Г. С. Теоретические исследования катка для малогабаритной почвообрабатывающей машины / Г. С. Юнусов, Н. Н. Андержанова, А. В. Алешкин [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16. – № 2(62). – С. 80-85. – DOI 10.12737/2073-0462-2021-80-85.

22. Халиуллин, Д. Т. Исследование движения зерна в конфузоре пневмомеханического обрушивателя семян подсолнечника / Д. Т. Халиуллин, Э. Г. Нуруллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2010. – Т. 5. – № 4(18). – С. 122-124.

23. Дыганова Р.Я. Пат. 2754911 Российская Федерация, МПК C10J3/20 F23G5/27 B09B3/00 Установка для газификации углеродсодержащих отходов / Дыганова Р.Я., Демин А.В., Фахреев Н.Н.; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет». – 2021104704; заявл. 11.11.2020; опубл. 09.09.2021.

Сведения об авторах:

Зиганшин Булат Гусманович – доктор технических наук, профессор, профессор РАН, первый проректор – проректор по научной работе и цифровой трансформации, e-mail: zigan66@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

Фахреев Наиль Насихович – старший преподаватель, кафедра «Инженерная экология и безопасность труда», e-mail: fakhreevnn@mail.ru

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

Байгильдеева Екатерина Игоревна - кандидат технических наук, доцент, e-mail: baigildeeva_e_i@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

Гайфуллин Ильнур Хамзович – кандидат технических наук, старший преподаватель, кафедра «Машины и оборудование в агробизнесе», e-mail: Library@kazgau.com

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

MATHEMATICAL APPARATUS FOR CALCULATING STRUCTURAL SOLUTIONS OF THE GASIFICATION INSTALLATION

B. G. Ziganshin, N. N. Fakhreev, E. I. Baigildeeva, I. Kh. Gayfullin

Abstract. To simulate thermal decomposition processes in a gasification plant, a thermodynamic equilibrium model is adopted. The system of equations describing the chemical equilibrium for the gas phase consists of nonlinear algebraic equations in logarithmic form: the law of mass action (dissociation); equations of conservation of matter; an equation that establishes the equality of partial pressures and the number of moles of substances in decomposition products, as well as the equality of the mixture pressure and the total number of moles of substances. In order to verify the results of numerical studies and the adequacy of the mathematical model, experimental studies were carried out. To conduct experimental studies, it is necessary to design a gasification plant in which synthesis reactions of high-calorie fuel gas will be carried out. The key goal of the work was to develop the design of a gasification plant with such parameters that would ensure the processing of all generated waste in the shortest possible time, which include: the volume of the gasification plant, the number of sections of the plant, since the gasification plant operates in a periodic mode. To solve the set goal, it is necessary to start from the stage of mathematical calculations of the necessary geometric characteristics of the main components and elements of the gasification plant. The gasification plant operates intermittently. From the moment of loading the raw materials to unloading the hall, 1 hour passes, and during the reboot period, the second parallel operating unit is put into operation. The volume of the gasification plant is selected based on the daily generated waste (raw materials). In the process of work, it is necessary to observe the operating mode according to two main parameters: the amount of steam supplied should be 0.230 kg/kg of water vapor to the loaded raw material; the temperature in the installation volume is maintained at the level of 1273K. The main design solutions for which it is necessary to carry out preliminary calculations to justify their design are the volume of the gasification plant, the dimensions of the steam nozzle and the geometric characteristics of the plows. Plows serve to intensify heat and mass transfer in the volume of the gasification plant. The steam nozzle is used to distribute water vapor over the area of the grate. The calculation of the volume of the gasification plant serves to justify the number of sections of this plant based on the amount of raw materials to be disposed of, since the plant operates in a periodic mode.

Key words: gasification, poultry farming, construction, basic elements, structural solutions.

References

1. Demin AV. [Assessment of environmental friendliness and efficiency of biomass gasification processes]. *Vo-prosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im.V.I. Vernadskogo*. 2021; 1 (79). 40-50 p.
2. Pandey DS, Kwapinska M, Gómez-Barea A. Poultry litter gasification in a fluidized bed reactor: effects of gasifying agent and limestone addition. *Energy & Fuels*. 2016; Vol.30. 3085-3096 p.
3. Galindo AL, Lora ES, Andrade RV. Biomass gasification on a downdraft gasifier with a two-stage air supply: effect of operating conditions on gas quality. *Biomass and Bioenergy*. 2014; Vol.61. 236-244 p.
4. Ibyatov, R. I. Mathematical modeling of the grain trajectory in the workspace of the sheller with rotating decks / R. I. Ibyatov, A. V. Dmitriev, B. G. Ziganshin [et al.] // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019). Vol. 17. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00093. – DOI 10.1051/bioconf/20201700093.
5. Sabirov, R.F. Influence of physical factors on viability of microorganisms for plant protection / R. Sabirov, A. R. Valiev, L. Karimova [et al.] // *Engineering for Rural Development*. Vol. 18. – Jelgava: 2019. – P. 555-562. – DOI 10.22616/ERDev2019.18.N211.
6. Khaliullin, D.T. Theoretical justification of design and technological parameters of hulling machine main working bodies / D. Khaliullin, I. Badretdinov, I. Nafikov, R. Lukmanov // *Engineering for Rural Development*. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 1501-1506. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF321.
7. Demin AV, Dyganova RYa, Fakhreev NN. Thermo-chemical equilibrium modeling and simulation of biomass gasification. *International Conference on production and processing (ICEPP–2020)*. E3S Web of Conferences. 2020; Vol.161. 01081. 1-3 p.
8. Demchuk SV, Skoromnik OD. Pat. 9767 Respublika Belarus', MPK F23G5/27 C10J3/00 C02F11/10 [Method for gasification of organic waste or low-calorie fuel]. Demchuk Sergey Vsevolodovich, Skoromnik Oleg Dmitrievich. 20040607; zayavl. 01.04.2004; opubl. 28.02.2006.
9. Tokarev GG. *Gazogeneratormye avtomobili*. [Gas generating cars]. Moscow: Mashgiz. 1955; 207 p.
10. Strenk F. *Peremeshivanie i apparaty s meshalkami*. [Stirring and stirrer apparatuses]. Pol'sha: 1971; 384 p. translated from Polish by editorship of Shchuplyak I.A. Leningrad: Khimiya. 1975; 384 p.
11. Fakhreev NN. [Experimental studies of the process of poultry litter manure utilization by thermal decomposition method using steam gasification]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020; 10(192). 133-137 p.
12. Ziganshin BG, Gayfullin IKh, Fakhreev NN. [Mathematical modeling and experimental studies of poultry waste gasification]. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve*. 2022; 3 (47). 78-84 p.
13. Alesasov VE, Dregalin AF, Cherenkov AS. *Osnovy teorii fiziko-khimicheskikh protsessov v teplovykh dvigatelyakh i energeticheskikh ustanovkakh*. [Fundamentals of the theory of physical and chemical processes in thermal engines and power plants]. Moscow: Khimiya. 2000; 520 p.
14. Kryukov VG, Naumov VI, Demin AV, Abdullin AL, Trinos TV. *Gorenie i techenie v agregatakh energoustanovok: modelirovanie, energetika, ekologiya*. [Combustion and flow in units of power plants: modeling, energy, ecology]. Moscow: Yanus-K. 1997; 304 p.
15. Demin AV, Dyganova RYa, Fakhreev NN. *Matematicheskoe modelirovanie protsessov termicheskoi utilizatsii uglestodorzhashchikh otkhodov: monografiya*. "Novye tekhnologii, materialy i oborudovanie v energetike". [Mathematical modeling of thermal utilization processes of carbon-containing wastes: monograph. "New technologies, materials and equipment in the energy sector"]. Kazan: Kazanskii gosudarstvennyi energeticheskii universitet. 2018; Vol.3. 210-227 p.
16. Unified register of small and medium-sized businesses of the Federal Tax Service of the Russian Federation. [Internet]. Available from: <https://ofd.nalog.ru/index.html>
17. Fakhreev NN. [Evaluation of the effectiveness of the introduction of promising methods for the disposal of agricultural waste by thermal destruction method]. *Energoresursoeffektivnost' i energosberezhenie v Respublike Tatarstan. Trudy XVI Mezhdunarodnogo simpoziuma "Energoresurso-effektivnost' i energosberezhenie"*. Kazan: Izdatel'stvo: IP Shaykhutdinov A.I. 2016; 304-307 p.
18. Rudakov AI, Nafikov IR, Ivanov BL. [Improving the energy efficiency of freeze drying of agricultural materials]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2007; Vol.2. 2 (6). 101-105 p.

19. Ganiev AS, Sibagatullin FS, Ziganshin BG, Khaliullina ZM, Gayfullin IKh. [Use of fertilizers from chicken manure for growing organic products]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.17. 1 (65). 9-14 p.

20. Gayfullin IKh, Khaliullina ZM, Ziganshin BG, Shogenov YuKh, Gallyamov E.A. [Influence of mephosphon on the efficiency of the process of obtaining biogas and utilization of carbon-containing wastes]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.16. 3 (63). 19-26 p.

21. Yunusov GS, Anderzhanova NN, Aleshkin AV. [Theoretical studies of a roller for a small-sized tillage machine]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.16. 2 (62). 80-85 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2021-80-85.

22. Khaliullin DT, Nurullin EG. [Study of grain movement in the confuser of a pneumomechanical sunflower seed chopper]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010; Vol.5. 4 (18). 122-124 p.

23. Dyganova RYa, Demin AV, Fakhreev NN. Pat. 2754911 Rossiiskaya Federatsiya, MPK C10J3/20 F23G5/27 B09B3/00 [Installation for gasification of carbonaceous wastes]. Patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Kazanskii gosudarstvennyi energeticheskii universitet". 2021104704; zayavl. 11.11.2020; opubl. 09.09.2021.

Authors:

Ziganshin Bulat Gusmanovich - Doctor of Technical sciences, Professor, Russian Academy of Sciences, First Vice-Rector - Vice-Rector for Research and Digital Transformation, e-mail: zigan66@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Fakhreev Nail Nasikhovich – Senior lecturer, Department of Engineering Ecology and Labor Safety, e-mail: fakhreevnn@mail.ru

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

Baigildeeva Ekaterina Igorevna - Ph.D. of Technical sciences, associate professor, e-mail: baigildeeva_e_i@mail.ru

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Gayfullin Inur Khamzovich – Ph.D. of Technical sciences, senior lecturer, Machinery and Equipment in Agribusiness Department, e-mail: Library@kazgau.com

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.