УДК 621.57

ПРАКТИЧНА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МАТРИЦІ ГРАНУЛЯТОРА І ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ПРОЦЕСУ ГРАНУЛЯЦІЇ ЗОЛИ СОЛОМИ

В. Є. Василенков, кандидат технічних наук, доцент

М. М. Гудзенко, інженер

Національний університет біоресурсів і природокористування України

e-mail: wasil14@ukr.net

Анотація. *Перспективним енергетичним потенціалом є біологічні палива, які виробляють з сировини органічного походження – біомаси. Тому сільськогосподарське виробництво зі споживача енергії перетворюється на її виробника. Саме цим перспективним напрямком розвитку сільського господарства сьогодні займаються у провідних країнах світу. Технологія використання біопалива набула особливого значення в Україні у зв'язку з ростом вартості енергоносіїв та зменшенням поголів'я худоби Нині лідером у використанні на енергетичні потреби соломи – одного з найбільш популярних видів біомаси – є Данія. Щорічно там утилізують 12,5 % виробленої соломи, що складає в абсолютному вимірі близько 0,8 млн. т. Структура розподілу цієї енергосировини така: фермерські котли споживають 57,6 %, теплові станції – 33,6 % і решту (8,8 %) – електростанції. Цей вид твердого біопалива забезпечує 1,4 % загального обсягу енергоспоживання Данії. Для найефективнішого використання більшості видів біопалива є необхідність в утилізації відходів після спалювання, наприклад, соломи – розсипної золи як джерела калійних і фосфорних добрив, перетворення її в гранульовані мінеральні добрива для збільшення виробництва сільськогосподарської продукції. Нині не кожне господарство з тої чи іншої причини може застосувати для вирощування сільськогосподарських культур достатню кількість калійних та фосфорних добрив. Як вихід із цього становища є застосування золи як цінного добрива. На таку можливість вказував ще в 1919 році Д. М. Прянишніков і цей підхід не втратив своєї актуальності і тепер. Тому виробництво гранул із золи соломи і обґрунтування конструктивно – технологічних параметрів матриці гранулятора (основний робочий орган) є актуальною задачею.*

Ключові слова: технологія, пресування, солома, грануляція, конструктивно – технологічні параметри, зола

Актуальність. Сільськогосподарське виробництво зі споживача енергії перетворюється на її виробника. Саме цим перспективним напрямком розвитку сільського господарства сьогодні займаються у провідних країнах світу. Технології використання біопалива набула особливого значення в Україні у зв'язку з ростом вартості енергоносіїв та зменшенням поголів'я худоби. Сьогодні лідером у використанні на енергетичні потреби соломи (одного з найбільш популярних видів біомаси) є Данія. Щорічно там утилізують 12,5 % виробленої соломи, що складає в абсолютному вимірі близько 0,8 млн. т. Структура розподілу цієї енергосировини така: фермерські котли споживають 57,6 %, теплові станції — 33,6 % і решту (8,8 %) – електростанції. Цей вид твердого біопалива забезпечує 1,4 % загального обсягу енергоспоживання Данії [1]. Для найбільш ефективного використання більшість видів біопалива має потреба в подальшій утилізації продуктів спалювання соломи, а саме золи, що є джерелом калійних і фосфорних добрив. Тому перетворення розсипної золи, що утворюється після спалювання соломи в гранульовану, є на сьогоднішній день важливою актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Основними проблемами при перетворенні розсипної золи в гранули є висока вологість золи (зола зберігається, як відходи виробництва, в атмосферних умовах), і низька насипна вага, що призводить до необхідності їхнього підсушування й ущільнення для зручності транспортування. Мінеральні гранули із золи соломи є реальною альтернативою мінеральним добривам, що випускає наша промисловість, оскільки вони за своїми споживчими властивостями по калію і фосфору не поступаються міндобривам, а їх екологічні параметри взагалі поза конкуренцією. Виникає практичне питання, де взяти стільки золи [1,4,5,6].

Відповідь на це питання дало Українсько-Датське співробітництво із впровадження в Україні технологій отримання теплової енергії з соломи в котлах малої потужності, що фінансується Датським агентством з захисту

діючого середовища, контракт № М124/046-0053, під наглядом Датського енергетичного агентства. Діючий комплекс зі спалюванню у котлах зпресованої у тюки соломи було встановлено в агрофірмі „ДіМ" с. Дрозди Білоцерківського району, Київської області. Характеристика цього комплексу показана в таблиці 1[1, 4].

Характеристика діючого комплексу зі спалювання в котлах зпресованої в тюки соломи

Показники діючого комплексу зі спалювання в котлах зпресованої у тюки соломи	Чисельні значення
1. Характеристика котла:	
тип	RAU- 2- 1210
виробник	PASAT Energi A/S
теплова потужність	980 кВт
об'єм теплоакумуляційного бака	32м^3
температура димових газів	250^0 С
к. к. д. котла	81,4%
споживання електроенергії	3,5кВт
2. Характеристика соломи:	
вологість соломи	мах. 20%
зольність соломи	мах. 5%
3. Характеристика технологічного процесу спалювання соломи:	
витрата соломи при одному завантажені	1500кг (3 великих тюка)
тривалість спалювання одного завантаження	приблизно 5 годин
витрата соломи за опалювальний період	мах. 1100 т.
4. Економічність комплексу:	
вартість котла RAU- 2- 1210	100 000 US
термін окупності котла RAU- 2- 1210	4,7 років
кількість заміщеного природного газу	385 тис. м^3/рік

Аналіз характеристики соломи свідчить, що при спалювані останньої утворюється велика кількість золи і її склад у соломі складає 5 % (табл. 1), що у кількісному виразі становить близько 55 т. золи за опалювальний сезон. За даними Д. М. Прянишнікова у золі соломи пшениці міститься 6,4 % фосфору,

13,6 % калію, 5,9 % поташу [1,4]. Таким чином, спалюючи у котлі зпресовану у тюки солому одночасно отримують мінеральні добрива у вигляді золи, яку в агрофірмі "ДіМ" розкидають по полю. Якщо золу залишити на поверхні грунту, то може утворитися шкідлива для рослин корка. Крім того, внести задану норму золи при вітровій погоді практично неможливо. Слід відмітити, що гранульовані мінеральні добрива, порівнюючи з розсипними, добре зберігають однорідність складу і не самосортуються при транспортуванні. І останнє, перетворивши золу в товарний вигляд, а саме в гранульовані мінеральні добрива, і зробивши практичну розфасовку, господарство може продавати на ринку, маючи на цьому "живу копійку" [1].

Мета дослідження – процес отримання гранул із золи соломи і **в**изначення конструктивно – технологічних параметрів матриці гранулятора та визначення енергетичних витрат процесу грануляції золи.

Матеріали і методи дослідження. Теоретична складова досліджень отримання гранул із золи соломи здійснювалась із застосуванням рекомендацій по розрахунку машин для подрібнення і гранулювання кормів із застосуванням експериментальних даних взятих по золі на діючому комплексі по спалюванню у котлах зпресованої у тюки соломи [1,4].

Результати досліджень та їх обговорення. Процес одержання гранул із сухої біосировини (суха деревна тирса, солома, костриця льону, лушпиння соняшника) складається з таких стадій (рис. 1) [6].

Безпосередньо процес грануляції представлено на рис. 2. Сировина під великим тиском продавлюється через пресувальний канал і формується в безкінечний жгут. При виході із пресувального каналу пелети обрізаються за допомогою ножа, потрапляють на стрічковий транспортер і видаляються

Практична методика визначення основних параметрів матриці для гранулятора ОГМ-0,8М при пресуванні гранул із золи соломи виконується в такій послідовності з урахуванням роботи [2]:

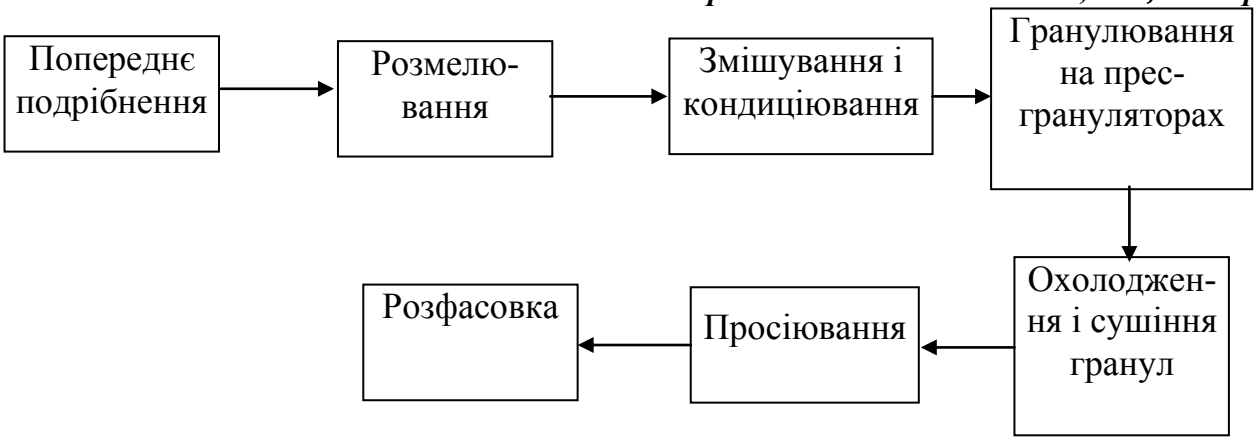

Рис. 1. Процес одержання гранул із сухої біосировини

.

Рис. 2. Принцип роботи прес-гранулятора з круглою матрицею

1. Довжина каналу пресування

$$l = P_{\max} \cdot \frac{S_1}{f_{ст} \cdot \varphi \cdot P_н \cdot П_к}, \text{ м} \qquad (1)$$

де $P_{\max}$ – максимальний осьовий тиск пресування, МПа;

S_1 – площа перерізу каналу, м2;

$f_{ст}$ – статистичний коефіцієнт тертя, $f_{ст}$=0,1;

φ – коефіцієнт бокового розтягу, φ = 0,4…0,5;

$P_н$ – нормальний тиск на упорі, МПа;

$П_к$ – периметр перерізу каналу, м.

Тоді

$$l = 411{,}84 \cdot \frac{0{,}785 \cdot 10^{-4}}{0{,}1 \cdot 0{,}5 \cdot 185{,}3 \cdot 0{,}0314} = 11{,}1 \text{ мм}$$

2. Максимальний осьовий тиск пресування

$$P_{\max} = c \cdot e^{a \cdot (\rho_1 - \rho_2)} - 1, \text{ МПа} \qquad (2)$$

де с, а – постійні для даного матеріалу коефіцієнти, які визначають опір матеріалу стиснення і залежать від його структурно-механічних властивостей.

Приймаємо для золи соломи орієнтовно

$$c = 0{,}36 \text{ МПа}, \; a = 5{,}20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг},$$

е – основа натурального логарифма;

ρ_1 – щільність пресування, кг/м^3, ρ_1 = 1200 кг/м^3;

ρ_2 – початкова щільність золи соломи, кг/м^3.

Згідно експериментальних даних

$$\rho_1 = 950 \text{ кг/м}^3$$

Підставляючи дані у формулу (2) будемо мати

$$P_{\max} = 0{,}12 \cdot 2{,}4^{0{,}0052 \cdot (1200 - 950)} - 1 = 30{,}00 \text{ МПа}.$$

3. Площа перерізу кругового каналу

$$S_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}, \text{ м}^2 \qquad (3)$$

де d_1 – діаметр каналу, d_1 = 10 мм.

$$S_1 = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}01^2}{4} = 0{,}785 \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2$$

4. Нормальний тиск на упорі

$$P_н = (0{,}4...0{,}45) \cdot P_{max} = 0{,}45 \cdot 30 = 13{,}5 \text{ МПа}. \qquad (4)$$

5. Периметр перерізу круглого каналу

$$П_к = \pi \cdot d_1 = 3{,}14 \cdot 0{,}01 = 0{,}0314 \text{ м}. \qquad (5)$$

6. Площа робочої поверхні матриці S_2

$$S_2 = \frac{q \cdot t}{K \cdot \rho_2 \cdot l} \qquad (6)$$

де q – подача гранулятора, кг/с. Приймаємо q = 0,1 кг/с;

t – час перебування гранули в каналі пресування. При гранулюванні золи соломи t = 15…17 с;

ρ_2 – густина отриманих гранул, кг/м^3;

K – коефіцієнт, що враховує розширення гранул після виходу із каналу. Приймаємо K = 1,1;

l – довжина каналу пресування.

Тоді

$$S_2 = \frac{0{,}1 \cdot 15}{1{,}1 \cdot 1200 \cdot 0{,}1111} = 0{,}010 \text{ м}^2$$

7. Кількість каналів пресування

$$Z_1 = \frac{S_2}{S_1} = \frac{0{,}010}{0{,}0000785} = 127 \text{ одиниць.}$$

8. Частота обертання вальців

$$n = \frac{120 \cdot l}{K_1 \cdot \frac{\rho_2}{\rho_1} \cdot t \cdot d_2 \cdot \left[1 - \frac{\lambda - 1 \cdot \sin\left(\varphi + \arcsin\frac{\sin\varphi}{\lambda - 1}\right)}{\lambda \cdot \sin\varphi}\right]}, \text{ об/хв.;}$$

де K_1 – подача гранулятора, кг/с. Приймаємо q = 0,1 кг/с;

d_2 – внутрішній діаметр матриці, м. d_2 = 0,44 м;

λ – відношення внутрішнього діаметра матриці до діаметра вальця;

φ – сумарний кут тертя матеріалу по металу та матеріал, град;

Приймаємо φ = 15º;

$$\lambda = \frac{d_2}{d_3} \quad . \quad \text{Приймаємо } \lambda = \frac{0{,}44}{0{,}1} = 4{,}4$$

де d_3 – діаметр вальця, м. d_3 = 0,1 м;

$$n = \frac{120 \cdot 0{,}111}{2 \cdot \frac{1200}{60} \cdot 15 \cdot 0{,}44 \cdot \left[1 - \frac{4{,}4 - 1 \cdot \sin\left(15^0 + \arcsin\frac{\sin 15^0}{4{,}4 - 1}\right)}{4{,}4 \cdot \sin 0{,}25}\right]} = 2{,}5 \text{ об/хв.}$$

9. Швидкість переміщення гранул у каналі матриці

$$U = \frac{q}{K_2 \cdot \rho_1 \cdot K_1 \cdot S_1 \cdot Z_1}, \text{ м/с} \qquad (7)$$

де K_2 – коефіцієнт, що враховує вплив перемичок між каналами в матриці. Приймаємо K_2 = 0,04.

Тоді

$$U = \frac{0{,}1}{0{,}04 \cdot 1200 \cdot 2 \cdot 0{,}0000785 \cdot 127} = 0{,}1 - 0{,}3 \text{ м/с.}$$

Вимогами до густини гранул є 800…1300 кг/м^3 , тоді і швидкість знаходиться у відповідних межах.

10. Потужність, необхідна для процесу пресування:

$$N = \frac{Z_2 \cdot K_3 \cdot F_m \cdot U}{102}, \text{ кВт} \qquad (8)$$

де Z_2 – кількість гранул, що пресуються одночасно в матриці;

K_3 – коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості матеріалу.

Кількість гранул, що пресуються одночасно в матриці, визначаються кутом пресування золи соломи одним вальцем (див. рис. 2), який визначається залежністю:

$$\beta \le \arcsin\left[\frac{\sin\varphi}{4{,}4 - 1}\right], \qquad (9)$$

Тоді

$$\beta \le \arcsin\left[\frac{\sin 15^0}{4{,}4 - 1}\right] = \arcsin 0{,}076$$

$$\beta \le 4^0 24'$$

11. Кількість каналів, розташованих по периметру матриці:

$$Z_3 = \frac{Z_1}{Z_4},$$

де Z_4 – кількість рядів по ширині матриці; Приймаємо Z_4 = 4;

$$Z_3 = \frac{127}{4} = 32 \text{ канали}$$

12. Кут між суміжними каналами:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{Z_3}, \text{ град}$$

$$\alpha = \frac{360^\circ}{32} \approx 12^\circ$$

13. Кількість каналів, розташованих під кутом пресування:

$$Z_5 = \frac{\beta}{\alpha} \approx \frac{5}{12} \approx 0{,}42 .$$

Приймаємо $Z_5 = 1$

14. Кількість гранул, що пресуються одночасно в матриці:

$$Z_2 = Z_5 \cdot Z_4 \cdot K_1 = 1 \cdot 4 \cdot 2 = 8 \text{ гранул.}$$

15. Сила тертя, що виникає при руху золи соломи по каналу:

$$F_m = \pi \cdot f_m \cdot \frac{\mu}{1-\mu} \cdot d_1 \cdot l \cdot P_{max}, \text{ кг·с} \qquad (12)$$

де f_m – коефіцієнт тертя золи соломи стінками каналу, f_m=0,07;

μ – коефіцієнт Пуассона, μ=0,33;

P_{max} – максимальний осьовий тиск пресування, кг·с/м^2 .

$$F_m = 3{,}14 \cdot 0{,}07 \cdot \frac{0{,}33}{1-0{,}33} \cdot 0{,}01 \cdot 0{,}11 \cdot 3{,}0 \cdot 10^7 = 297{,}00 \text{ кг·с}$$

Тоді потужність, необхідна для пресування:

$$N = \frac{8 \cdot 5 \cdot 297 * 0{,}1}{102} = 11{,}6 \text{ кВт}$$

Висновки і перспективи

Практичний методичний підхід з визначення конструктивних параметрів матриці гранулятора і енергетичних витрат на пресування дає можливість укомплектувати вітчизняні гранулятори додатковими комплектами для їх переоснащення при грануляції не тільки золи соломи, а інших матеріалів, наприклад, лузги соняшника, тирси тощо, тобто створювати модулі грануляції з оптимальними енергетичними витратами, що є прикладом енергозберігаючих технологій.

Список літератури

1. Василенков В. Є. Дослідження технологій спалювання соломи для виробництва тепла і можливості отримання мінеральних добрив / В. Є. Василенков Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – 2003. – Вип. 10. – С. 25-29.

2. Домащенко Д.А., Чубов Д.С. Методические рекомендации. Механизация животноводческих ферм. Ч.3. Расчет машин для измельчения и гранулирования концентрированных кормов / Д. А. Домащенко, Д. С. Чубов. – К., 1987. – С. 17-21.

3. Кукта Г. М. Машины и оборудование для приготовления кормов / Г. М. Кукта. – М. : Агропромиздат, 1987. – 302 с.

4.Спалювання соломи в Україні. Датський сільськогосподарський консультаційний центр. – 2000. – С. 3 – 23.

5.Жежель М.Г., Пантелеєва О.І. Агрохімія. /М.Г. Жужель, О.І. Пантелеєва – К., Урожай, 1968. – С. 131–133.

6. Мильман И. Э., Есаков Ю. В. Сушка кормов /И. Э. Мильман, Ю. В. Есаков. – М.: Россельхозиздат, 1985. – С. 4 – 45.

References

1. Vasylenkov, V. (2003). Doslidzhennia tekhnolohii spaliuvannia solomy dlia vyrobnytstva tepla i mozhlyvosti otrymannia mineralnykh dobryv [Study straw combustion technologies for heat and access to fertilizer] Pratsi Tavriiskoi derzhavnoi ahrotekhnichnoi akademii, 10, 25-29.

2. Domashchenko, D.A., Chubov, D.S. (1987). Metodycheskye rekomendatsyy. Mekhanyzatsyia zhyvotnovodcheskykh ferm Raschet mashyn dlia yzmelchenyia y hranulyrovanyia kontsentryrovannykh kormov [Mechanization of livestock farms. P.3. Calculation of machines for grinding and granulating concentrated feeds]. Kyiv, 17-21.

3. Kukta, H. M.(1987). Mashyny y oborudovanye dlya pryhotovlenyya kormov [Machines and equipment for the preparation of feeds] – Moskow: Ahropromyzdat, 302.

4.Spaliuvannia solomy v Ukraini, (2000). [Burning straw in Ukraine]. Datskyi silskohospodarskyi konsultatsiinyi tsentr, 23.

5.Zhezhel, M.H., Panteleieva, O.I. (1968) Ahrokhimiia. [Agrochemicals]. Kyiv, Urozhai, 131–133.

6. Myl'man, Y.E., Esakov, Yu.V. Sushka kormov.[Drying fodder]. Moskow: Rossel'khozyzdat, 4 – 45.

ПРАКТИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАТРИЦЫ ГРАНУЛЯТОРА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРОЦЕССА ГРАНУЛЯЦИИ ЗОЛЫ СОЛОМЫ

В. Е. Василенков, М. М. Гудзенко

Аннотация. *Перспективным энергетическим потенциалом являются биологические топлива, которые производят из сырья органического происхождения - биомассы. Поэтому сельскохозяйственное производство с потребителя энергии превращается в ее производителя. Именно этим перспективным направлением развития сельского хозяйства сегодня занимаются в ведущих странах мира. Технологии использования биотоплива приобрела особое значение в Украине в связи с ростом стоимости энергоносителей и уменьшением поголовья скота Сегодня лидером в использовании на энергетические нужды соломы - одного из самых популярных видов биомассы - является Дания. Ежегодно там утилизируют 12,5 % произведенной соломы, составляет в абсолютном измерении около 0,8 млн. т. Структура распределения этого энергосырья такова: фермерские котлы потребляют 57,6 %, тепловые станции - 33,6 % и остальные (8,8 %) - электростанции. Этот вид твердого биотоплива обеспечивает 1,4 % общего объема энергопотребления Дании. Для наиболее эффективного использования большинства видов биотоплива имеется необходимость в утилизации отходов после сжигания, например, соломы - рассыпной золы, как источника калийных и фосфорных удобрений, превращение ее в гранулированные минеральные удобрения для увеличения производства сельскохозяйственной продукции. В наше время не каждое хозяйство с той или иной причине может применить для выращивания с. г. культур достаточное количество калийных и фосфорных удобрений. Как выход из положения является применение золы в качестве ценного удобрения. На такую возможность указывал еще в 1919 году Д. М. Прянишников, и этот подход не утратил своей актуальности и сейчас. Поэтому производство гранул из золы соломы и обоснование конструктивно -*

технологических параметров матрицы гранулятора (основной рабочий орган) является актуальной задачей.

Ключевые слова: ***технология, прессование, солома, грануляция, конструктивно - технологические параметры, зола***

PRACTICAL METHODS OF CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS MATRIX GRANULATOR AND THE GRANULATION PROCESS ENERGY COSTS ASH STRAW

V. Vasilenkov, M. Gudzenko

Abstract. *Promising energy potential are biological fuel that is produced from organic raw materials - biomass. Therefore, agricultural production with energy consumer becomes its manufacturer. It is this perspective direction of development of agriculture today are engaged in the leading countries of the world. Technology biofuels acquired special importance in Ukraine due to increased energy costs and a decrease in the number of livestock today a leader in the use of straw for energy needs - one of the most popular types of biomass - is Denmark. Every year there is utilized 12.5 % of its straw is in absolute terms about the distribution of 800000 t. The structure of the energy resources is as follows: farmers boilers consume 57.6 %, thermal power plants - 33.6 %, and the rest (8.8 %) - Power . This type of solid biofuels provide 1.4% of total energy consumption in Denmark. For the most efficient use of the majority of biofuels need to waste after combustion, for example, straw - loose ash as a source of potash and phosphate fertilizers, turning it into a granular fertilizer to increase agricultural production. not each household to one reason or another can be applied to growing with our time. of crops enough of potash and phosphate fertilizers. As a way out is the use of fly ash as a valuable fertilizer. This possibility was pointed out in 1919, D. M. Prianishnikov, and this approach has not lost its relevance today. Therefore, the production of pellets from straw ash and justification of constructive - technological parameters of pellet of the matrix (the main working body) is a topical problem.*

Key words: ***technology, pressing, straw, granulation, constructive - technological parameters, ash***