



300 ЛЕТ
КУЗБАСС

НОЦ
КУЗБАСС
научно-образовательный центр
мирового уровня



Паровая газификация биомассы в кипящем слое

Шевырёв Сергей Александрович

доцент каф. теплоэнергетики КузГТУ



Kuzstu.ru



Vkuzstu



News_kuzstu



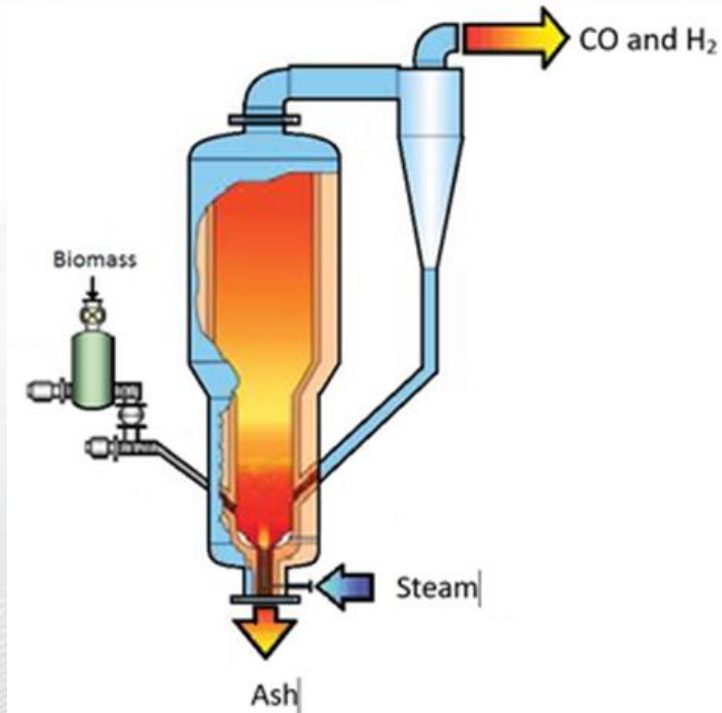
Vkuzstu



Кемерово, 2021 | 650000, Кемеровская обл., г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

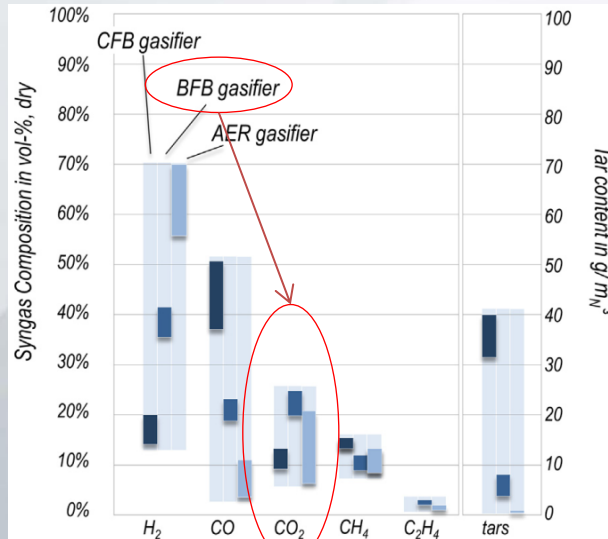
Трансформация энергетического сектора

1. Изменение климата. Повышение концентрации CO_2 в атмосфере;
2. Актуальное развитие «зеленой» энергетики – производство H_2 , возобновляемые ресурсы (солнце, ветер и др.), использование биомассы, атомно-водородная энергетика;
3. Повышенное внимание к использованию биомассы в виде древесины, соломы, рисовой шелухи, скорлупы орехов и других материалов;
4. Технология газификации как универсальный способ переработки различных веществ с получением различных газов
5. Значительные перспективы паровой газификации биомассы с точки зрения получения H_2
6. Применение двухстадийных газогенераторов для получения газа высокого качества

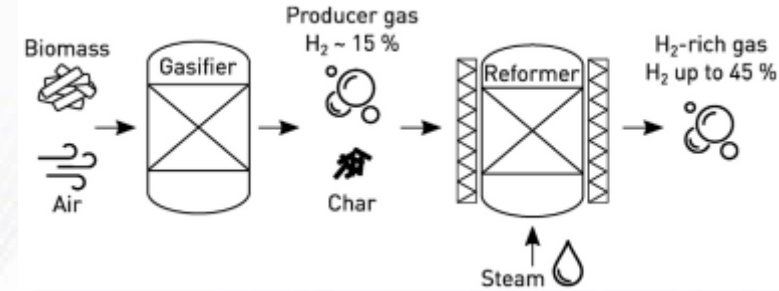


«Идеальные» процессы газификации.

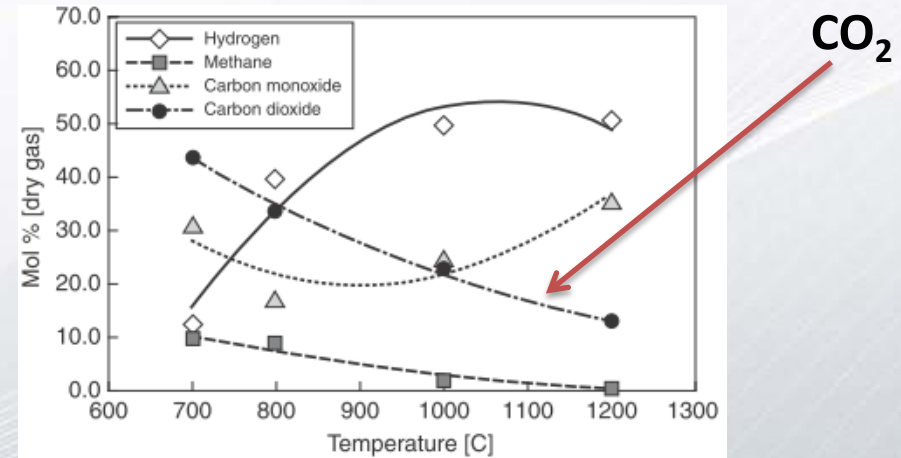
Gasification process (agent)	Gas composition, % (vol.)			V_g , m ³ /kg	Q_{LHV} , MJ/m ³
	CO	H ₂	N ₂		
Air	34.7	-	65.3	5.39	4.4
H₂O	50	50	-		11.77
Air+H ₂ O	40.3	18.2	41.5	4.63	7.08
O₂+H₂O	68.9	31.1	-	2.71	12.15



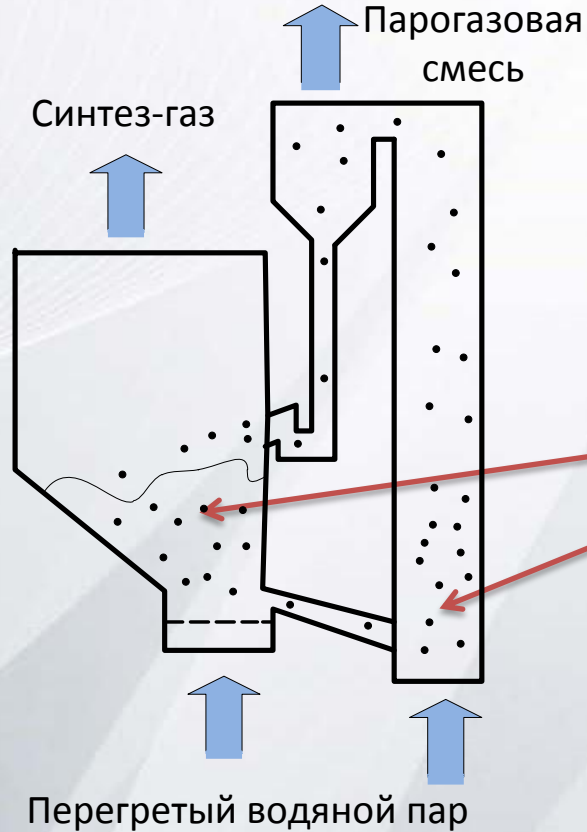
«Традиционный» подход¹.



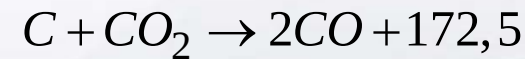
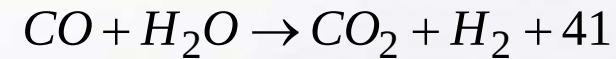
Высокотемпературная газификация древесины



1. Antolini D, Piazzini S, Menin L, et al. High hydrogen content syngas for biofuels production from biomass air gasification: Experimental evaluation of a char-catalyzed steam reforming unit. *Int J Hydrogen Energy* 2022; 47: 27421–27436
2. Kriengsak S.N. et al. Hydrogen production by high-temperature steam gasification of biomass and coal // *Environ. Eng. Sci.* 2009. Vol. 26, № 4. P. 739–744.
3. Karl J, Pröhl T. Steam gasification of biomass in dual fluidized bed gasifiers. *Rev/Renew Sustain Energy Rev* 2018;98:64e78.



1. Рассмотреть перспективную двухступенчатую конструкцию газогенератора
2. Исследовать использование H_2O в двух камерах газогенератора



кДж/моль

Ожидание:

Повышение качества газа по содержанию $CO + H_2$

Использование высокоэффективных комплексов полигенерации для получения перегретого водяного пара!

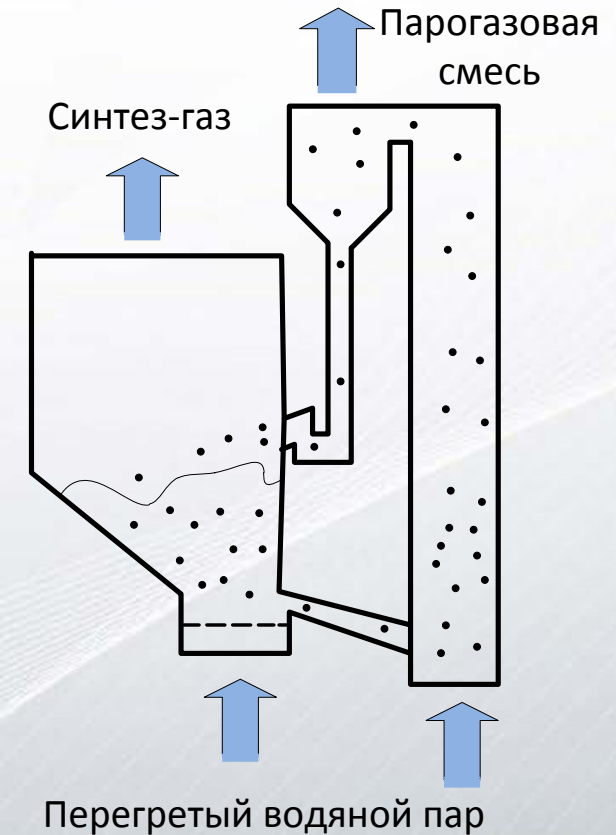
1. Shevyrev S.A. Application of the Aspen Plus Software Package for Simulation of the Synthesis-Gas Composition in Oxygen-Free Steam Gasification of Biomass // Thermal Engineering, 2021. Vol. 68, No. 9. P. 698–704.
2. Shevyrev, S.A., Strizhak, P.A., Dietrich, R.-U., Bogomolov, A.R. Oxygen-free steam gasification under polygeneration // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering, 2021. Vol. 332, No 2. P. 44-58.

Применение перегретого водяного пара для паровой бескислородной газификации в обеих камерах газогенератора и для исследования повышения качества получаемого газа.

Цель работы: исследование квазистационарного и нестационарного процессов паровой газификации биомассы в кипящем слое.

Задачи работы:

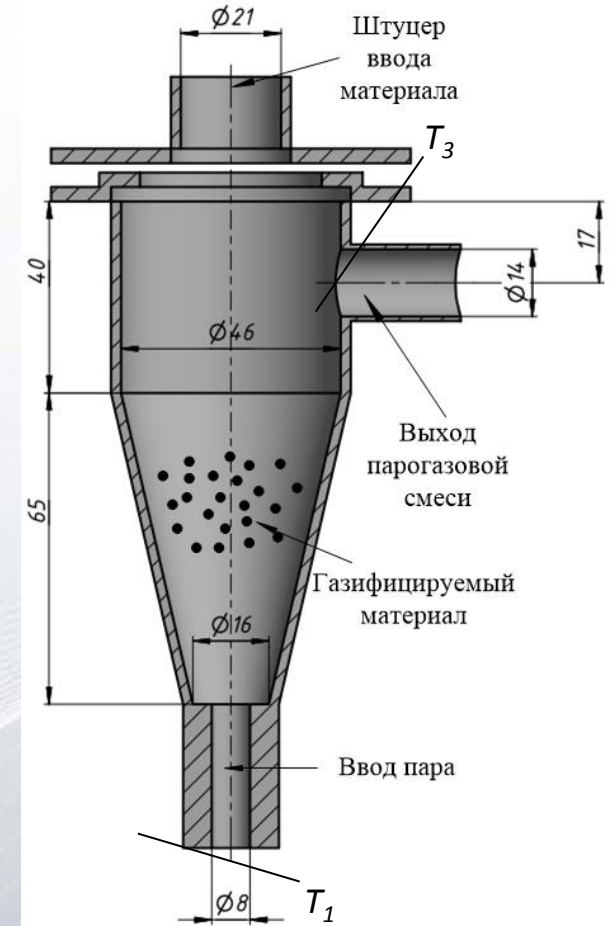
1. Оценить влияние температуры на процесс газификации;
2. Оценить влияние расхода газифицирующего агента на процесс газификации;
3. Оценить характеристики получаемого твердого остатка.



Поочередная имитация процессов в первой и во второй камерах двухстадийного газогенератора.

Характеристика биомассы

W^a , %	A^d , %	V^{daf} , %	$Q_{s,V}^a$, МДж/кг	C^{daf} , %	H^{daf} , %	N^{daf} , %	S^{daf} , %	O^{daf} , %
1,7	7,63	82,61	20,6	53,56	6,82	0,13	0	39,49



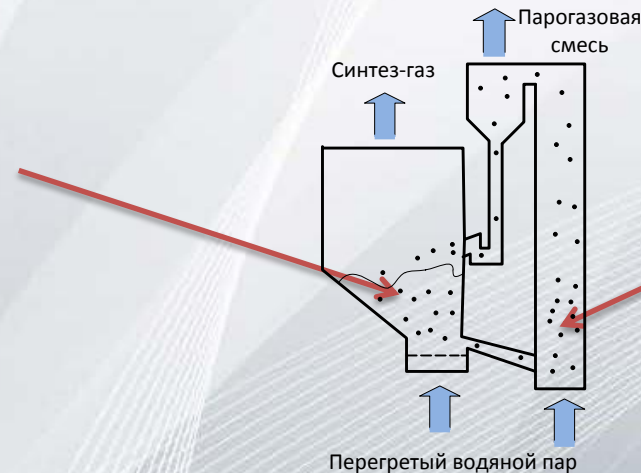
Характерные графики квазистационарного и нестационарного процесса

Исследование процесса газификации при имитации процессов в первой и второй камере газогенератора

Под квазистационарным режимом необходимо понимать временной отрезок от установившегося состава синтез-газа до значительного (более 3 %) изменения концентрации целевых компонентов – CO и H_2 – в газе – образ первой камеры газогенератора.

Под нестационарным режимом необходимо понимать временной отрезок от начала обработки образца исходного материала газифицирующим агентом (момент заброса топлива) до момента установившегося (изменение не более 3 %) состава газа, определяемого поточным газоанализатором – образ второй камеры газогенератора.

Стационарный процесс –
вторая камера

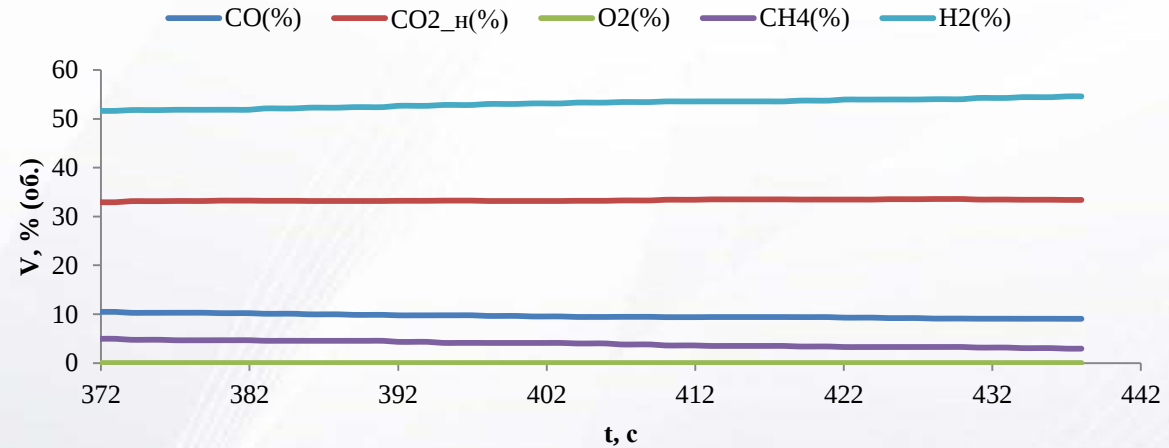


Нестационарный процесс –
первая камера

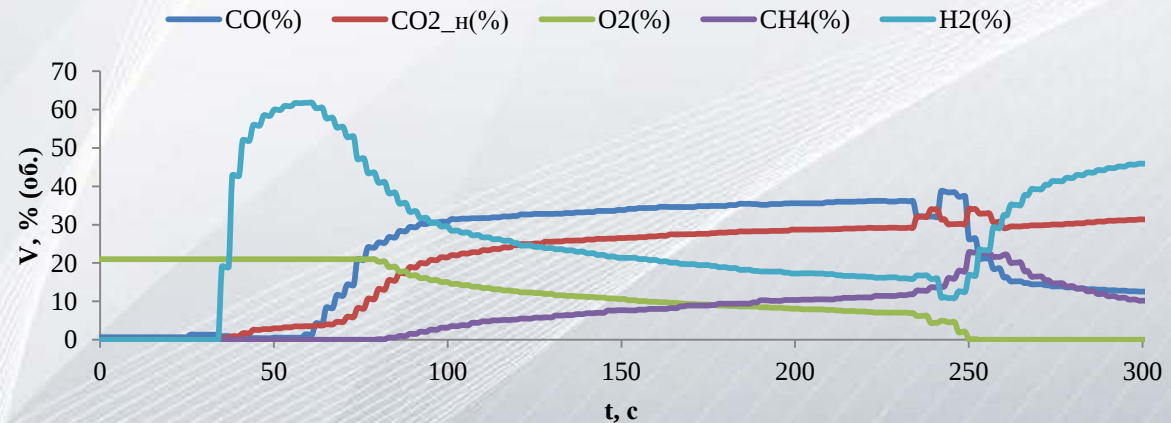


Характерные графики квазистационарного и нестационарного процесса:

- температура пара 835°C;
- расход пара 81 л/мин (средний расход).



Квазистационарный процесс паровой газификации биомассы



Нестационарный процесс паровой газификации биомассы



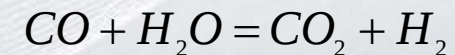
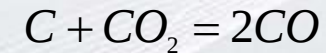
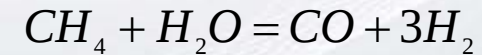
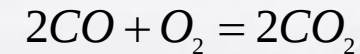
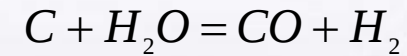
Влияние температуры на процесс газификации

Квазистационарный режим* – усредненные значения;

Общее время стационарного и нестационарного процесса – около 7 минут;

Масса газифицируемой биомассы - 10 г.

Компонент	Биомасса, средний расход		
	Температура пара на входе в газогенератор, °C		
	750	850	950
H ₂	38,38	50,32	54,72
CO	14,52	10,95	13,22
CO ₂	30,43	32,52	28,28
CH ₄	16,65	6,19	5,05

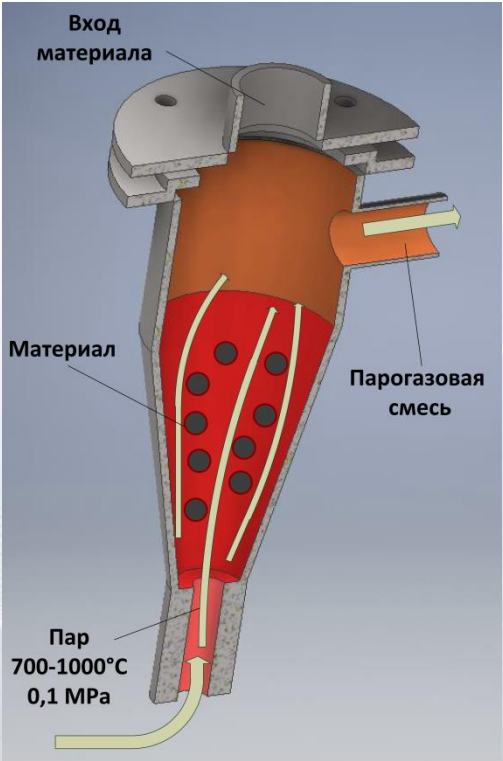


*Значения с погрешностью до 5% от максимальной величины.

Влияние расхода перегретого водяного пара на процесс газификации

Биомасса, повышенный расход (92-94 л/мин)				
Компонент	Температура пара на входе в газогенератор, °C			
	750	850	950	
H ₂	38,65	50,12	30,48	
CO	14,45	10,99	20,23	
CO ₂	30,29	32,65	27,54	
CH ₄	16,58	6,21	21,73	

Биомасса, пониженный расход (72-74 л/мин)				
Компонент	Температура пара на входе в газогенератор, °C			
	750	850	950	
H ₂	49,88	52,36	54,25	
CO	10,24	9,8	10,08	
CO ₂	31,61	31,03	31,29	
CH ₄	8,26	6,78	4,36	





Изменение характеристик получаемого газа в процессе газификации и оценка степени конверсии материала

Биомасса, повышенный расход			
Параметр	Температура пара на входе в газогенератор, °C		
	750	850	950
X, %	90	90	91
V _г , л	2,27	2,59	4,77

Биомасса, средний расход			
Параметр	Температура пара на входе в газогенератор, °C		
	750	850	950
X, %	94	91	96
V _г , л	3,03	3,33	3,95

Биомасса, пониженный расход			
Параметр	Температура пара на входе в газогенератор, °C		
	750	850	950
X, %	89	90	91
V _г , л	2,49	2,73	3,77

$$X = \frac{m - m_0}{m} \cdot 100\%$$

m – масса исходная, г; m_0 – масса по окончании эксперимента, г

Изменение характеристик твердого остатка в процессе газификации

Данные для квазистационарного режима

Компонент	Температура пара на входе в газогенератор, °C								
	750			850			950		
	Расход перегретого пара при соответствующей температуре V, л/мин								
	68	73	94	73	73	93,5	68	74,9	94
C	75,49	84,99	82,85	73,75	86,52	85,13	86,55	85,77	85,46
H	1,43	1,48	1,48	1,43	1,67	1,66	1,53	1,71	1,68
N	0,22	0,24	0,34	0,23	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22
S	0	0	0,1	0	0	0,051	0	0	0
O	0,37	7,71	6,31	15,42	11,1	11,89	8,89	5,29	6,63
A ^d	22,48	5,58	9	9,17	0,48	1,04	2,78	6,99	6
V ^a	18,68	12,87	11,87	22,205	8,91	20,93	13,68	9,18	14,68





Биомасса – возможный материал для получения H_2

1. Температура пара существенно влияет на процесс газификации. Регулируя температуру пара можно воздействовать на процесс газификации. При этом количество целевых – $CO+H_2$ – компонентов меняется незначительно в условиях квазистационарного режима;
2. В аппаратах с кипящим слоем расход пара один из важнейших параметров. Он определяет гидродинамику и вследствие этого тепловые потоки для частиц реагирующего материала;
3. Газификация биомассы в кипящем слое не образует спекающихся частиц;
4. При газификации биомассы концентрация CO может составлять до 40% в нестационарном режиме в узком временном диапазоне;
5. Для квазистационарного режима концентрация CO недостаточна для применения газа, например, в химической промышленности;
6. Высокая концентрация CO_2 (до 30% и более) в объеме газа. Причина – высокая концентрация O_2 в биомассе;
7. Конструктив камеры сгорания играет важную роль в протекании процесса газификации. Необходимо осуществлять подвод пара не только вертикальный для создания кипящего слоя, но и тангенциальный для получения необходимых тепловых потоков, в том числе для возможного процесса газификации угля.



300 ЛЕТ
КУЗБАСС

НОЦ
КУЗБАСС
научно-образовательный центр
мирового уровня



КУЗБАСС
время быть первыми

Благодарю за внимание!

