

Вопросы производства жидких видов топлива из древесины



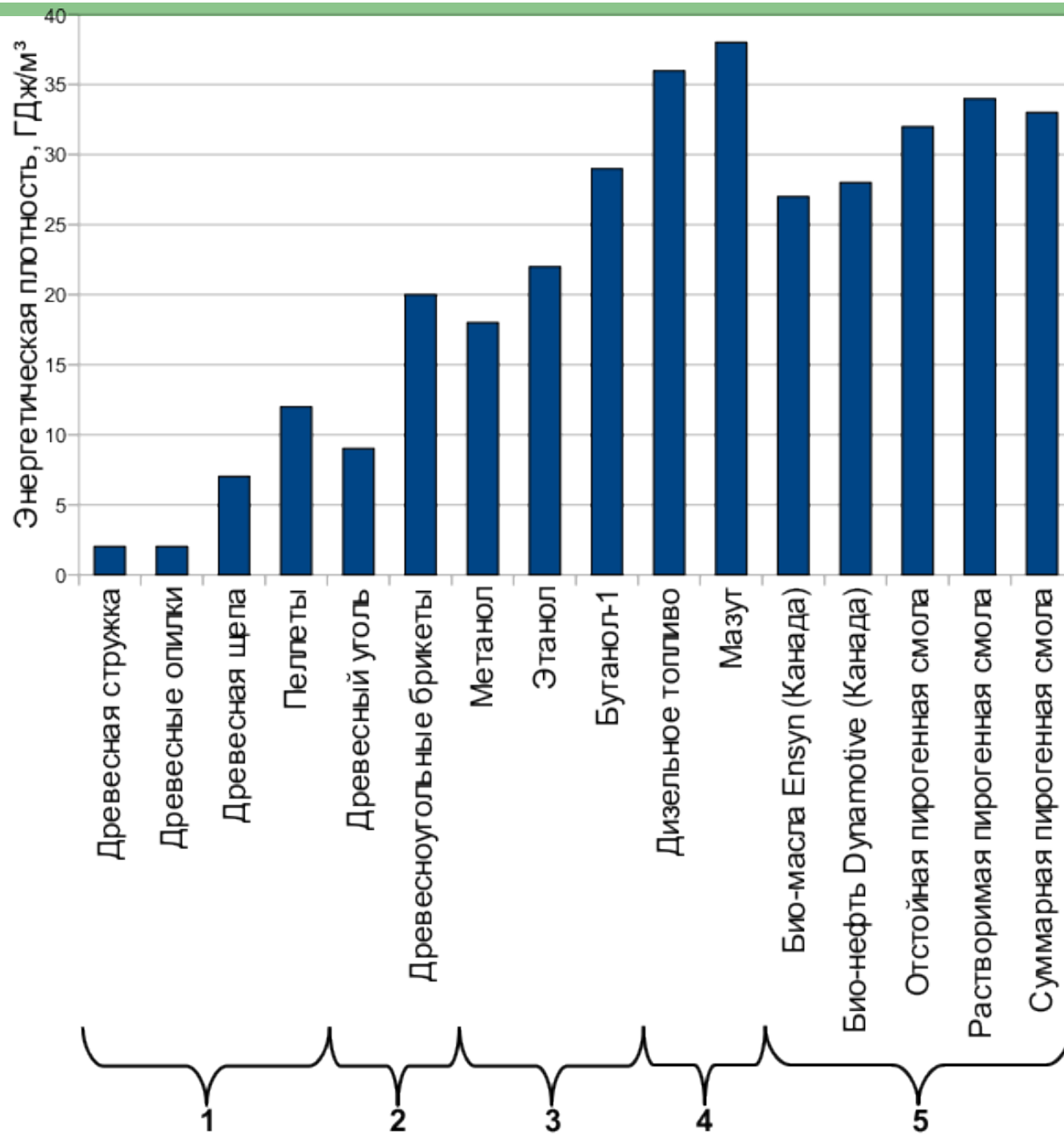
Докладчик: асп. Литвинов В. В.

*(от имени коллектива авторов в составе:
д.т.н., проф. Пиялкин В. Н.;
асп. Спицын А. А.)*

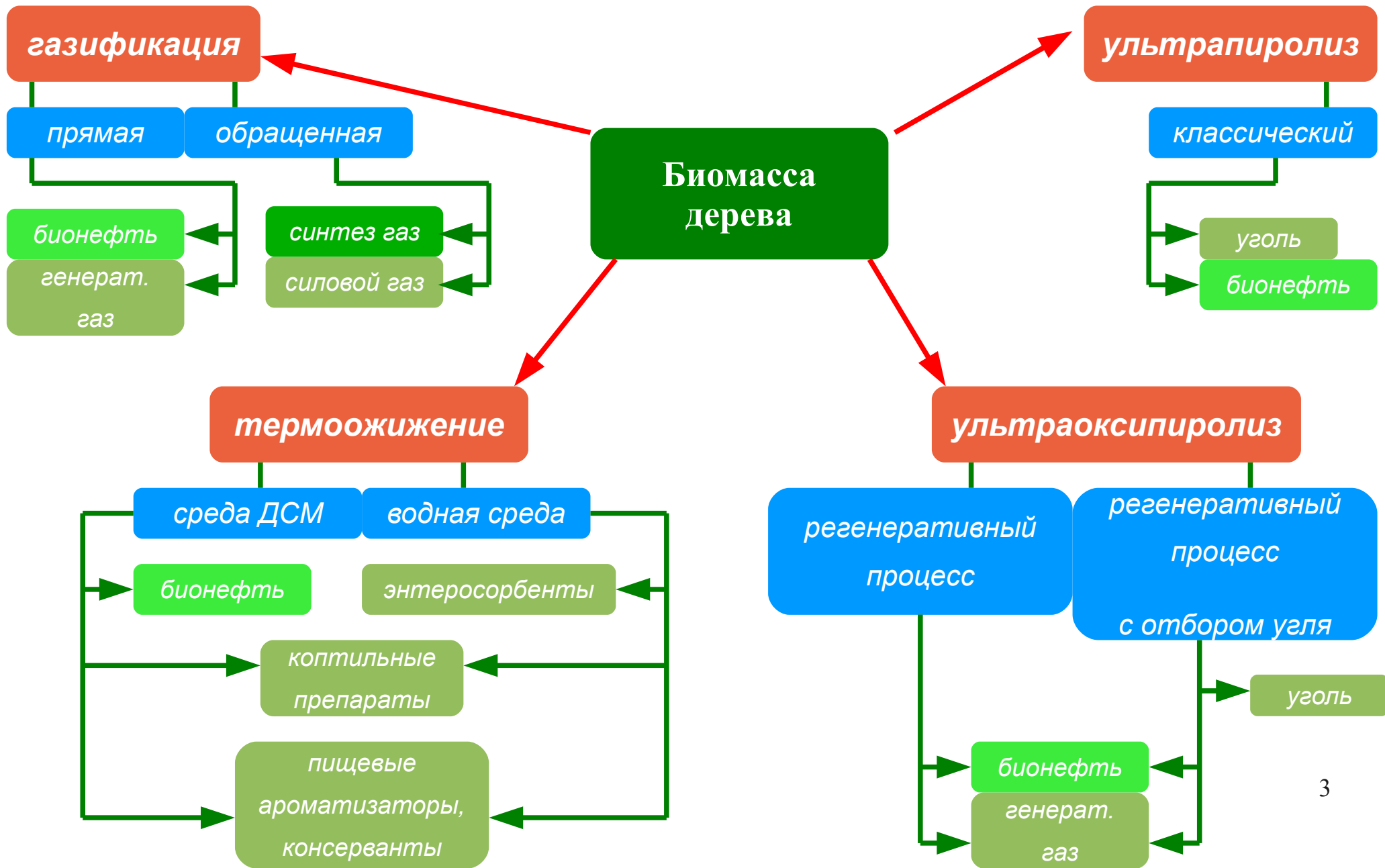


*Конференция: «Выработка тепловой и электрической энергии за счет биотоплива: производство биотоплива,
его применение в России и мире»
17-19 мая 2011 г.
Санкт-Петербург, Ленэкспо*

Энергетическая плотность различных видов топлив



Методы термохимической переработки отходов биомассы дерева, разрабатываемые в СПбГЛТА

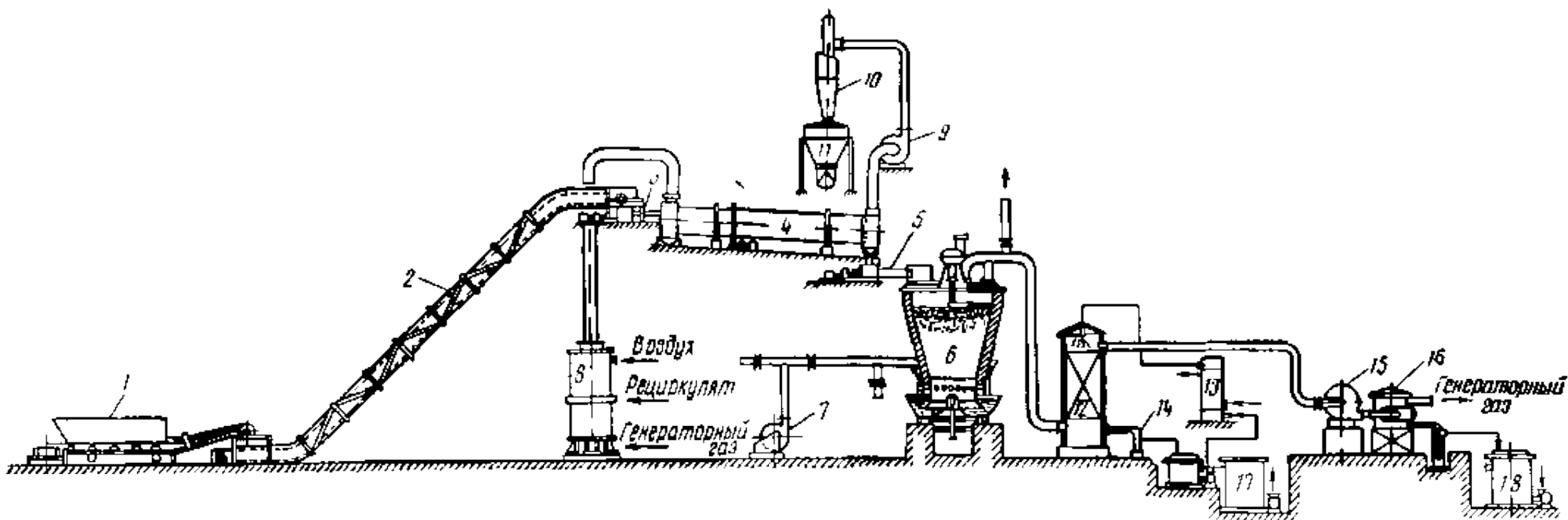


Прямая газификация

Схема технологического процесса прямой газификации в газогенераторной установке по типовому проекту

ЛТА - ТП-4-11-72/63 ЦНИЛХИ

(Производительность: 12 500 т/год по а. с. с.)



1 - бункер для сырой щепы с дозировочным механизмом, 2 - скребковый транспортер для сырой щепы, 3 - шнековый питатель для сырой щепы, 4 - барабанная сушилка, 5 - шнековый питатель для сухой щепы, 6 - газогенератор, 7 - воздуходувка, 8 - топка-смеситель, 9 - дымосос для отработавших газов сушилки, 10 - циклон, 11 - бункер для пыли, 12 - конденсатор смешения, 13 - трубчатый холодильник для циркулирующего газогенераторного конденсата, 14 - гидрозатвор, 15 - центробежный смолоотделитель, 16 - каплеулавливатель, 17 - сборник жижи, 18 - сборник смолы

Выход и характеристика продуктов газификации

Сырье: 25 000 пл.м³/год
(12 500 т/год по а.с.с.)

Суммарный конденсат: 120 кг/пл.м³

58% - смола; 69,6 кг/пл.м³
(0,25 т/час)



Выход газа: 986 Нм³/пл. м³
(3 400 Нм³/час)

Теплота сгорания: 4,85 МДж/Нм³



Параметры ожигения и выход продуктов

Параметры теплового удара:

- *Температура: 300 °C*
- *Время: 15 минут*
- *Степень конверсии: 100%*
- *Гидромодуль: 1:4*

Выход продуктов:

70% - бионефть

Теплотворная способность: 29 МДж/кг*



**низшая, обезвоженной бионефти*

Программа «POLY.TERM 2»

Температура поверхности частиц.

$$\Theta_{\Pi} = \frac{t - t'_M}{T'' - t'_M} = \frac{1}{1-m} + \sum_{i=1}^{\infty} C_i \cdot \sin k_i \left(e^{-k_i^2 F_0} \right)$$

Температура центра частиц.

$$\Theta_{\Pi} = \frac{t_{\Pi} - t'_M}{T'' - t'_M} = \frac{1}{1-m} + \sum_{i=1}^{\infty} C_i \cdot k_i \left(e^{-k_i^2 F_0} \right)$$

Средняя по массе температура частицы.

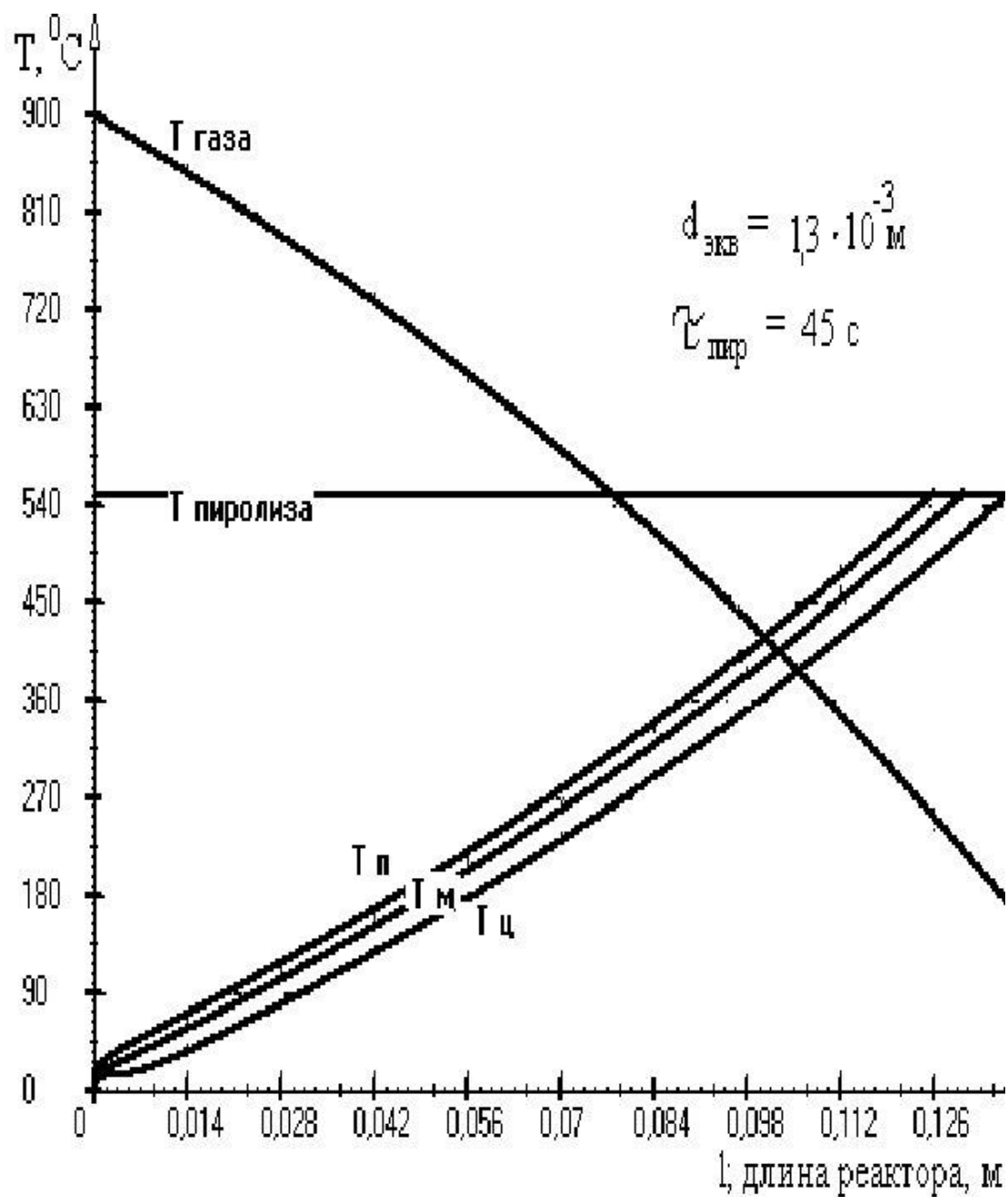
$$\Theta_M = \frac{t_M - t'_M}{T'' - t'_M} = \frac{1}{1-m} + \sum_{i=1}^{\infty} 3C_i \cdot \Phi_i \cdot k_i \left(e^{-k_i^2 F_0} \right)$$

Температура газового теплоносителя.

$$h = \frac{T_{\Gamma} - t'_M}{T'' - t'_M} = 1 + m \Theta_M$$

№	Наименование величин и параметров	Обозначения в программе «POLY.TERM 2»
1.	Координаты по толщине частиц сырья, м	X
2.	Эквивалентный радиус частиц сырья, м	R
3.	Эквивалентный диаметр сырья, м	D
4.	Координаты по длине реактора, м	L
5.	Скорость подачи сырья, м/ч	U
6.	Скорость теплоносителя через сечение канала, м/с	W
7.	Расход сырья, кг/ч	Gm
8.	Расход теплоносителя, кг/ч	Gg
9.	Теплоёмкость сырья, кДж/кг*град	Cm
10.	Теплоёмкость теплоносителя, кДж/кг*град	Cg
11.	Температура сырья на входе в слой, оС	TC
12.	Температура теплоносителя на входе, оС	TGA

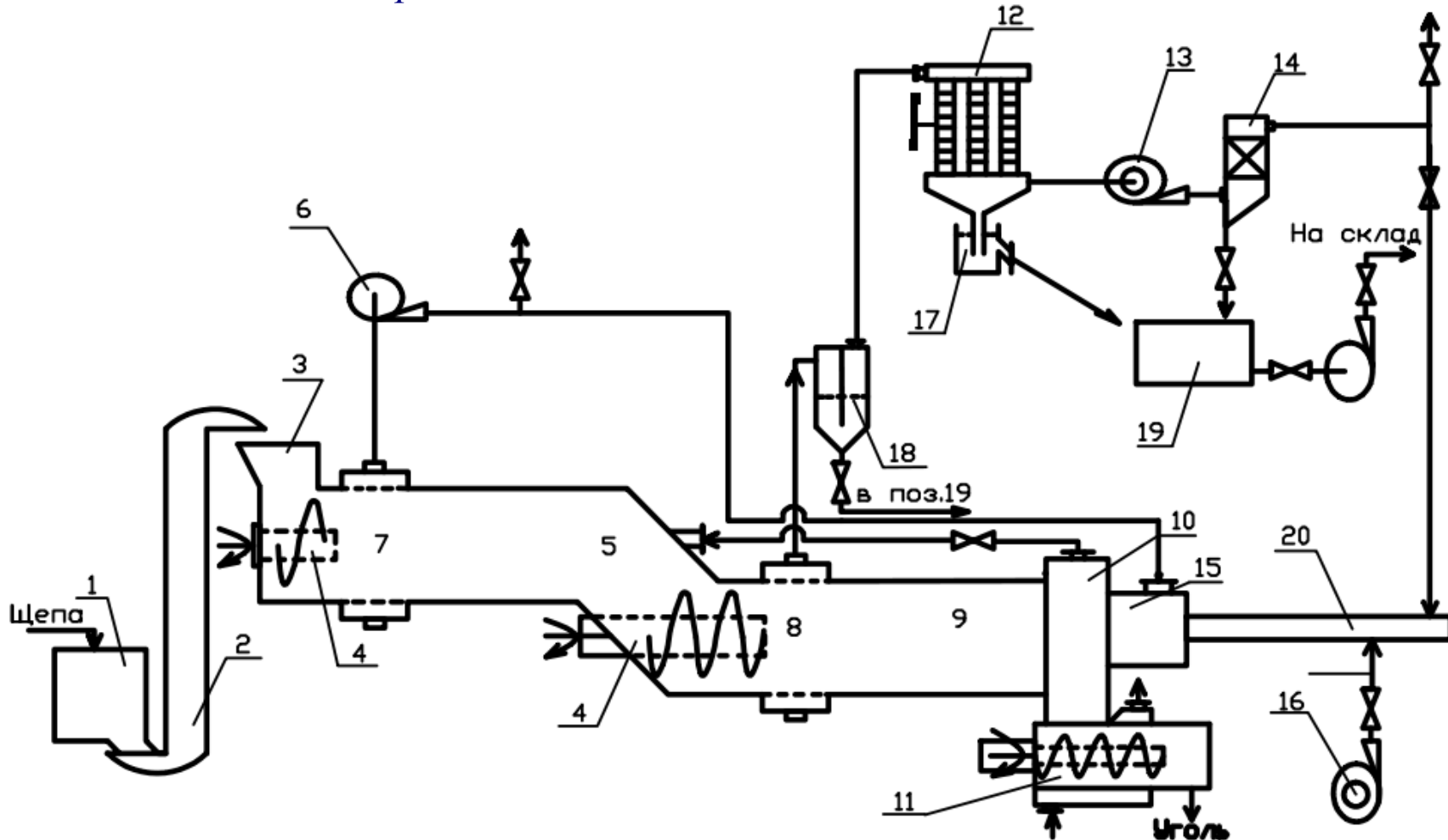
График распределения температур t_n , t_c , t_m , частиц сырья и t_g газового теплоносителя



III

Технологическая схема

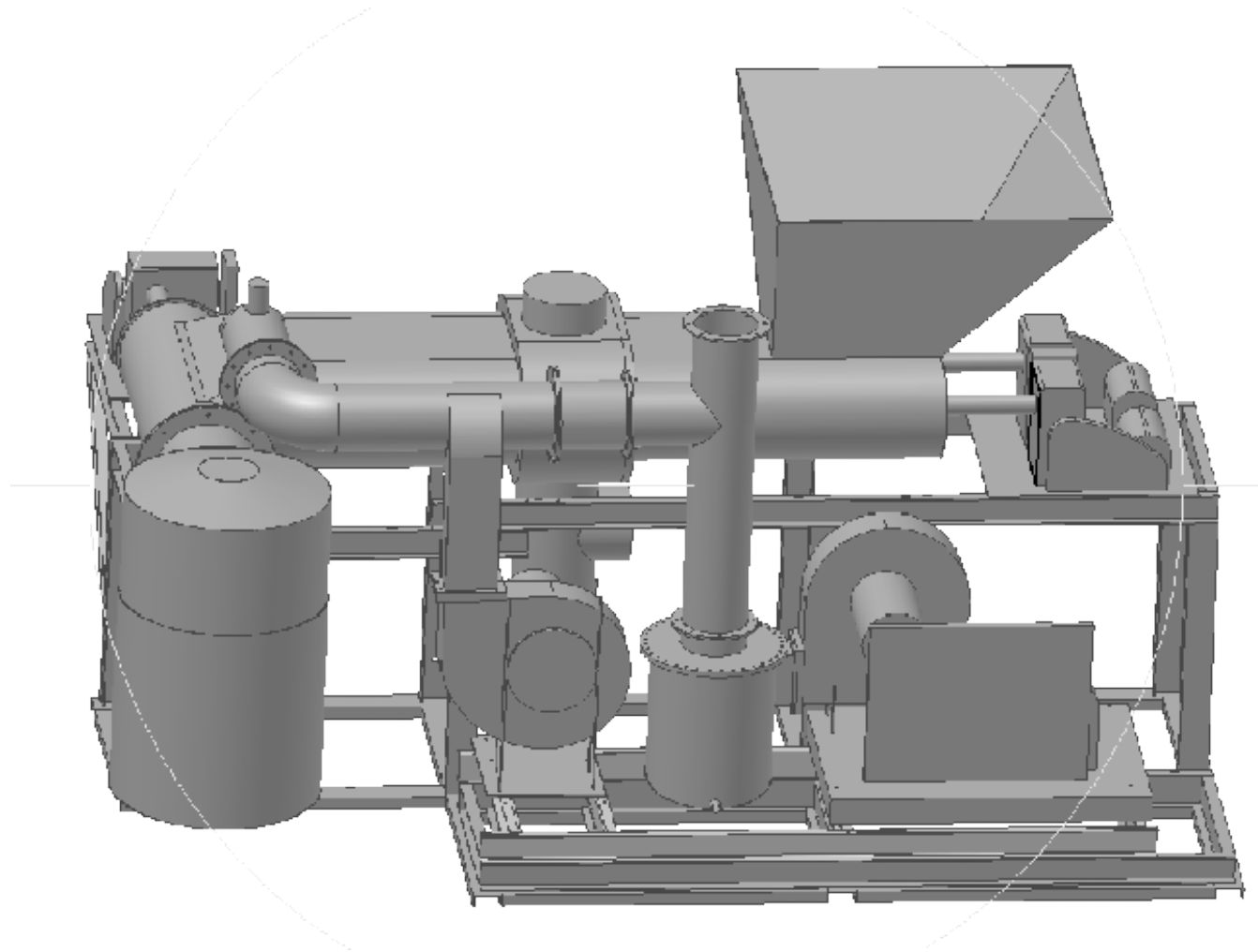
Схема технологического процесса ультрапиролиза биомассы дерева в мобильной установке производительностью 10 800 т/год по а.с.с.



1 – бункер щепы, 2 – ковшовый элеватор, 3 – приемник щепы, 4 - шнековый питатель, 5 – сушилка, 6 – дымосос, 7 – коллектор сушилки, 8 – коллектор реторты, 9 – реторта, 10 – совмещенная топка, 11 – шнековый выгрузчик, 12 – воздушный конденсатор-холодильник, 13 – смолоотделитель, 14 – каплеуловитель, 15 – смеситель, 16 – воздухоподувка, 17 – гидрозатвор, 18 – пыльник, 19 – сборник конденсата, 20 – микродиффузионная горелка.

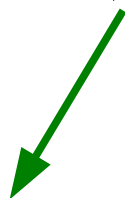
Эскиз мобильного модуля

*Схема промышленного модуля производительностью 10 800 т/год по а.с.с.
(20 000 пл.м³/год по сырью)*



Выход и характеристика продуктов ультрапиролиза

Сырье: 10800 т/год по а.с.с.
(1,5 т/час по а.с.с.)



1728 т/год (23,7% от а.с.с.) бионефти
Теплотворная способность*: 29 МДж/кг

2700 т/год (25% от а.с.с.) древесного угля
Теплотворная способность: 30 МДж/кг



Ориентировочная прибыль: 23 000 000 руб. в год (без учета амортизации, налогов, транспортных и накладных расходов) при цене условной единицы продукции: МДУ-100€, БНФ-150€; затратах 36€/тонна УП)

*низшая, обезвоженной бионефти

Анализ бионефти СПБГЛТА

№	Вид испытаний	Метод/ГОСТ	Результат/проба**	
1	Плотность при 20°C, кг/м ³	P51069/D5002	1173,00	
2	Кинематическая вязкость при 50°C, сСт	33/D445	155,10	
3	Содержание воды, %	2477/D95	6,90	
	раствор. (нефрас) раствор. (бутилацетат-нефрас)		7,90	
4	Коксуемость, %	19932/D189	26,20	
5	Механические примеси, %	6370/D893	Отс.	
	нераств. в ацетоне, % 1,2μк			
6	Зольность, %	1461/D482	0,08	
7	Температура застывания, °C	20287/D97	0	
8	pH	11362/D664	3,41	
9	Кислотное число, мг КОН/г	11362/D664	117,00	
10	Теплотворная способность, КJ/kg (низшая)	ГОСТ 21261	25980*	
11	Элементный состав, %	ASTM D5373	66,8*	
	C		7,40*	
	H N		0,30*	
12	Фракционный состав			
	начальная температура кипения			98,0
	5% отгона			104,0
	10% отгона			140,0
	20% отгона			200,0
	30% отгона			208,0
	40% отгона			228,0
	50% отгона			260,0
	60% отгона			
	70% отгона			
	80% отгона			
	90% отгона			
95% отгона				
	конечная температура кипения	260,0		



Примечания: *Топливо обезвожено **ООО «Мортестсервис»; Сертификат №12/0215-MTS

Анализ биомазута СПбГЛТА

№	Вид испытаний	Метод/ГОСТ	Результат/проба *
1	Вязкость условная при 100°C, °ВУ	ГОСТ 33	1,98
2	Вязкость кинематическая при 100°C, мм ² /с	ГОСТ 33	11,6
3	Массовая доля воды, %	ГОСТ 2477	2,40
4	Зольность, %	ГОСТ 1461	0,92
5	Массовая доля серы, %	МВИ М-049/С-98	0,007
6	Температура вспышки в открытом тигле, °С	ГОСТ 4333	121
7	Температура застывания, °С	ГОСТ 20287	5
8	Плотность при 26°C, кг/м ³	ГОСТ 3900	1207
9	Теплота сгорания (низшая) в пересчете на сухое топливо	ГОСТ 21261-91	29520

Примечания: *ИЛН ООО «ПТК»; аттестат аккредитации РОСС RU 0001 22 НП 11

Анализ биомасел СПбГЛТА

№	Вид испытаний	Метод/ГОСТ	Результат/проба**
1	Плотность при 20°C, кг/м ³	P51069/D5002	1070,50
2	Кинематическая вязкость, сСт при 50°C	33/D445	5,20
3	Содержание воды, % раствор. (нефрас)	2477/D95	4,40
	раствор. (бутилацетат-нефрас)		4,40
4	Коксуемость, %	19932/D189	0,98
5	Механические примеси, % нераств. в ацетоне, % 1,2дк	6370/D893	Отс.
6	Зольность, %	1461/D482	0,09
7	Температура застывания, °C	20287/D97	-27
8	pH	11362/D664	4,95
9	Кислотное число, мг КОН/г	11362/D664	55,10
10	Теплотворная способность, КJ/kg (низшая)	ГОСТ 21261	30203*
11	Элементный состав, %	ASTM D5373	C
	H		70,2*
	N		8,50*
12	Фракционный состав		
	начальная температура кипения		98,0
	5% отгона		101,0
	10% отгона		210,0
	20% отгона		218,0
	30% отгона		223,0
	40% отгона		228,0
	50% отгона		235,0
	60% отгона		245,0
	70% отгона		255,0
	80% отгона		266,0
	90% отгона		276,0
	95% отгона		280,0
конечная температура кипения	282,2		

Примечания: *Топливо обезвожено **ООО «Мортестсервис»; Сертификат №12/0215-MTS

Древесно-смоляной антиокислитель (ДСА)

Наименование показателей	Нормы для сортов	
	1	2
1. Внешний вид	Маслянистая жидкость от светло-желтого до желтого цвета	
2. Плотность при 20°C, г/см ³ в пределах	1.08-1.16	1.06-1.20
3. Кислотное число, мг КОН по ГОСТу 178231-72 на 1г ингибитора, не более	45.0	30.0
4. Фракционный состав, включая воду, % по объему при температуре; до 200°C, не более до 260°C, не более до 310°C, не менее	6.0 40 95	6.0 55 90
5. Объемная доля фенолов, % массн., не менее	65.0	63.0
6. Эффективность в циклогексане, мин, не менее	180	120
7. Растворимость в бензине	полная	
8. Опалесценция	небольшая	

*Светлые биомасла СПбГЛТА
с Tкип от 240 до 310 °С*



Предварительные технико-экономические показатели ультрапиролиза.

1. Условная единица продукции (УЕП).

За условную единицу продукции принята 1 тонна древесного угля (МДУ) по цене 100 €, для бионефти принимаем коэффициент 1,5 (т.к. предполагаемая цена реализации БНФ равна 150 €).

2. Расходы на 1 тонну условной продукции (УП).

2.1. Выход УП.

Выход УП, т/ч	Выход МДУ, т/ч	Выход БНФ, т/ч
0,95	0,44	0,33

2.2. Расход времени на 1 тонну УП.

$1/G_{уп} = 1/0,95 = 1,05$ ч, где 1 — 1 тонна УП.

2.3. Расход а.с. сырья.

$1,5 * 1,05 \text{ч} = 1,6$ т или $1,6/0,45 = 3,6$ пл.м³, где 1,5 — производительность установки по сырью, т/ч; 0,45 — плотность абсолютно сухого сырья, т.

2.4. Расход электроэнергии.

$45,0 * 1,05 \text{ч} = 47,3$ кВт.ч; установленная мощность эл/двигателей 30 кВт, принимаем — 45 кВт; топливо — отсутствует.

2.5. Производственные затраты на 1т УЕП.

2.5.1. Сырье.

Цена на сырье, €/пл.м ³	Затраты на тонну УП, пл.м ³	Итого затраты, €
10,0	3,6	36

2.5.2. Электроэнергия.

Цена электроэнергии, €/кВт.ч	Расход электроэнергии, кВт.ч/1т УП	Итого затраты, €
0,04	47,3	1,9

2.5.3. Заработная плата.

Наименование работника	Количество работников в смену, чел.	Общее количество работников, чел.	Месячная зарплата, €/мес.	Итого затраты*, €
Оператор	2 (3 смены по 8 часов)	7	300	5,25
Дежурный слесарь	1			

*Примечания:

Количество месяцев в году — 12; Коэффициент доп. начислений на зарплату — 1,4; Выпуск УП, т/год — 6732; Выход МДУ, т/год — 3168; Выход БНФ, т/год — 2376.

2.5.4. Итого затрат:

на сырье, оплату работникам, электроэнергию: 43,15 €

3. Прибыль:

Прибыль с 1т УП, €	Итого прибыль**, € в год
56,85	382 714

** без учета налогов, амортизации, транспортных и накладных расходов.
 $100,0 - 43,15 = 56,85$ € с 1 тонны условной единицы продукции
 $6732 * 56,85 = 382 714$ € в год.



1. Пиялкин В.Н., Прокопьев С.А., Ширшиков В.И., Спицын А.А., Пильщиков Ю.Н. «Реторта для непрерывной термопереработки измельченного древесного сырья» // Патент РФ N 75657, Зарегистрировано в Роспатенте 20.08.2008г.
2. Пиялкин В.Н., Прокопьев С.А., Ширшиков В.И., Киповский А.Я., Пильщиков Ю.Н., Белоусов И.И. «Способ переработки биомассы дерева в виде топливной щепы с получением биомасел и древесного угля и сушильно-ретортный модуль для переработки биомассы дерева в виде топливной щепы с получением биомасел и древесного угля» // Патент РФ N 2338770, Зарегистрировано в Роспатенте 20.11.2008г.
3. Пиялкин В.Н., Прокопьев С.А., Спицын А.А., Пильщиков Ю.Н., Ширшиков В.И. «Способ непрерывной термической переработки измельченной древесины» // Патент РФ N 2351390. Зарегистрировано в Роспатенте 22.05.2009г.
4. Глуховской В.М., Прокопьев С.А., Ширшиков В.И., Пильщиков Ю.Н., Грязнов С.Е., Литвинов В.В., Спицын А.А., Пиялкин В.Н. «Устройство для сушки измельченной древесины» // Патент РФ N 90545, Зарегистрировано в Роспатенте 10.01.2010.

Выводы

Разработана технология и оборудование, при помощи программы “POLY.TERM 2” модуля ультраоксипиролиза мощностью 1,5 т/час по сырью, отличительными особенностями которого являются:

- 1). Совмещение основных стадий термообработки измельченного сырья в едином аппарате горизонтального типа с плотным движущимся формованным слоем и самостоятельными газовыми контурами в каждой зоне;
- 2). Использование для стадии сушки и ультраоксипиролиза сырья только химическое тепло от сжигания собственных парогазов пиролиза;
- 3). Противоточно - внутреобъемный режим в зоне пиролиза с минимальным временем пребывания парогазов пиролиза в реакционной зоне;
- 4). Оптимальный температурный режим ультраоксипиролиза дает возможность получить максимальный выход био-нефти и качественного древесного угля.

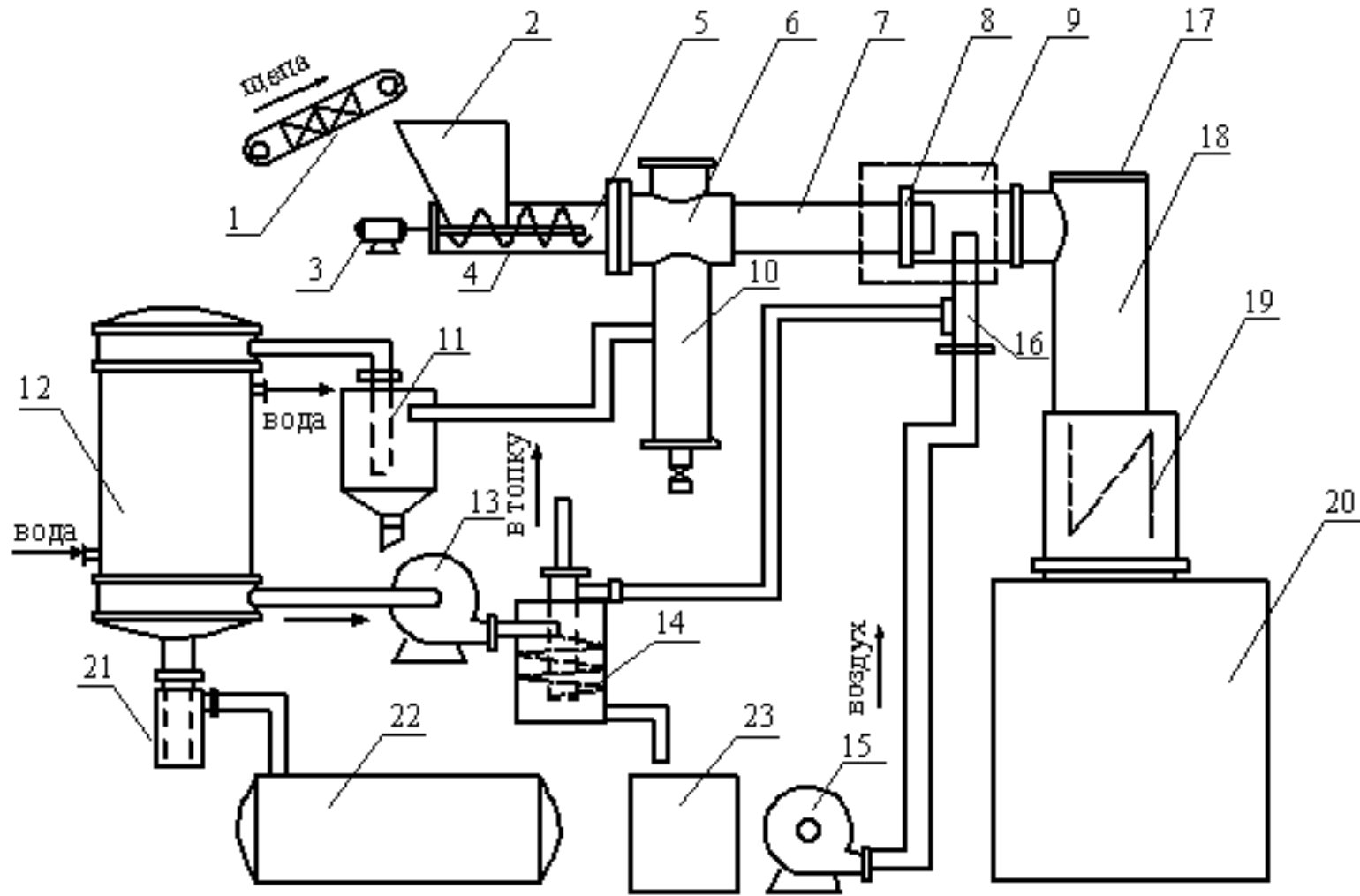
pyrolabfta@gmail.com

Спасибо за ВНИМАНИЕ



*Конференция: «Выработка тепловой и электрической энергии за счет биотоплива: производство биотоплива, его применение в России и мире»
17-19 мая 2011 г.
Санкт-Петербург, Ленэкспо*

*Технологическая схема промышленной реторты пиролиза
проектрагированной щепы КЭЗа в формованном слое, 325 кг/ч*



1 - ленточный питатель; 2 - загрузочный бункер; 3 - регулятор оборотов шнека; 4 - шнек подачи щепы; 5 - устройство формирования слоя; 6 - коллектор отбора парогазов; 7 - реакционная зона; 8 - линзовый компенсатор; 9 - теплоизоляция; 10 - фусосборник; 11 - пыльник; 12 - конденсатор-холодильник; 13 - турбогазодувка - центробежный смолоотделитель; 14 - каплеулавливатель; 15 - воздуходувка; 16 - газогорелочное устройство; 17 - предохранительный клапан; 18 - промежуточный сборник угля; 19 - затвор; 20 - сборник угля; 21 - гидрозатвор; 22 - сборник конденсата; 23 - сборник смолы.

*Материальный баланс пиролиза промышленного модуля
(1,5 т/ч по а.с.с.)*

приход	кг/ч	%	расход	кг/ч	%
1. Древесина,	1765.00	44.36	1. Вода, в т.ч.:	640.00	16.08
в т.ч.: а. с. д.	1500.00	37.70	гигроскопическая	265.00	6.65
вода	265.00	6.66	реакционная	375.00	9.43
			2. Уголь	375.00	9.43
2. Теплоноситель пиролиза	2214.20	55.64	3. Смола	240.00	6.04
			4. Кислоты	120.00	3.02
			5. Спирты	30.00	0.75
			7. Н/газы	360.00	9.05
			8. Отработанный теплоноситель	2214.20	55.63
итого:	3979.2	100.00	итого:	3979.2	100.00