

**БГТУ**



БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

# КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛЕСОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕРМИНАЛОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ УСТОЙЧИВОЕ СНАБЖЕНИЕ МИНИ-ТЭЦ ТОПЛИВНОЙ ЦЕПОЙ

**ПРОФЕССОР КАФЕДРЫ ЛЕСНЫХ МАШИН И ТЕХНОЛОГИИ ЛЕСОЗАГОТОВОК, АКАДЕМИК РАЕН  
ФЕДОРЕНЧИК АЛЕКСАНДР СЕМЕНОВИЧ**

**ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ, К.Э.Н., ДОЦЕНТ  
ЛЕДНИЦКИЙ АНДРЕЙ ВИКЕНТЬЕВИЧ**

**СТ. ПРЕПОДАВАТЕЛЬ КАФЕДРЫ ЛЕСНЫХ МАШИН И ТЕХНОЛОГИИ ЛЕСОЗАГОТОВОК, К.Т.Н.,  
ЛЕОНОВ ЕВГЕНИЙ АНАЛОЛЬЕВИЧ**

Научно-практический семинар «От снижения энергоемкости производств – к энергоэффективности и качеству»,  
г. Минск, РБ, 22 мая 2014 года



## Основные достижения в области биоэнергетики

В Беларуси ведутся интенсивные работы по широкомасштабному использованию древесного сырья для получения, в основном, тепловой и электрической энергии.

В настоящее время на древесном топливе в Беларуси работают 11 мини-ТЭС и свыше 3000 котельных.

Созданы производства топливной щепы на предприятиях Министерства лесного хозяйства, концерна «Беллесбумпром», Министерства жилищно-коммунального хозяйства, Министерства энергетики и в частном секторе экономики. При этом в Министерстве лесного хозяйства в 49 лесхозах с суммарной мощностью – 1,25 млн. пл. м<sup>3</sup> в год.

Созданы производства древесных пеллет и брикетов более чем в 30 организациях республики с суммарной мощностью около 145 тыс. тонн в год.

В 2015 г. объем производства топливной щепы должен составить 500 тыс. т у. т. и около 2 млн. пл. м<sup>3</sup>. Планируется ввести в эксплуатацию 161 энергоисточник местных видов топлива с электрической мощностью 47,5 МВт и тепловой мощностью 1025,7 МВт.

В стране для этого имеются значительные лесосырьевые ресурсы, которые к 01.01.2014 г. достигли почти 1,6 млрд. м<sup>3</sup>.

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

## Построенные энергоисточники



Речицкая мини-ТЭЦ

$V_{\text{год}}=45$  тыс. пл. м<sup>3</sup>

Вилейская мини-ТЭЦ

$V_{\text{год}}=60$  тыс. пл. м<sup>3</sup>



Пружанская мини-ТЭЦ

$V_{\text{год}}=60$  тыс. пл. м<sup>3</sup>

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

## Системы топливообеспечения построенных энергоисточников



площадка ГОЛХУ  
 $V_{\text{год}}=40$  тыс. пл. м



Установленная  
мощность по  
производству щепы  
предприятий системы  
Минлесхоза на  
01.01.14 составила  
1250 тыс. пл. м<sup>3</sup>

Фактически  
произведено за 2013 г.  
952 тыс. пл. м<sup>3</sup>

...ой мини-ТЭЦ



...ой ГРЭС



БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Кафедра экономики и управления на предприятиях**



**«Обоснование инвестиций (расходы по реализации международного проекта в области энергосбережения с участием Республики Беларусь)» (год разработки – 2005)**

**Работы** – разработка обоснования инвестиций на реализацию организационной структуры, выбор технологии и системы машин для производства и снабжения топливной щепой мини-ТЭЦ г. Вилейка, Минской области.

**Краткая характеристика.** Разработана методика, определены технически доступные объемы и основные поставщики древесного сырья на период до 2010 года; разработаны технологии и соответствующие схемы производства, отгрузки и хранения топливной щепы в условиях верхнего, промежуточного и нижнего склада, при использовании мобильных и стационарных рубильных машин барабанного и дискового типа; подготовлен генеральный план склада межсезонного хранения топливной щепы (А1); сформированы системы машин и определены капитальные вложения на их приобретение; составлены калькуляции отпускной цены топливной щепы; выполнена оценка экономической эффективности сравниваемых систем машин с использованием простых и дисконтированных методов.

Результаты подтверждены – 1 актом внедрения, 1 патентом № 12169 «Способ получения древесного топлива и способ его хранения». Экономический эффект – 160 млн. руб./год.

Предприятие, где внедрена разработка – ГОЛХУ «Вилейский опытный лесхоз», мини-ТЭЦ г. Вилейка.



**Руководители:** Федоренчик Александр Семенович, проректор по учебной работе, Ледницкий Андрей Викентьевич,

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



## Комплекс отечественных машин



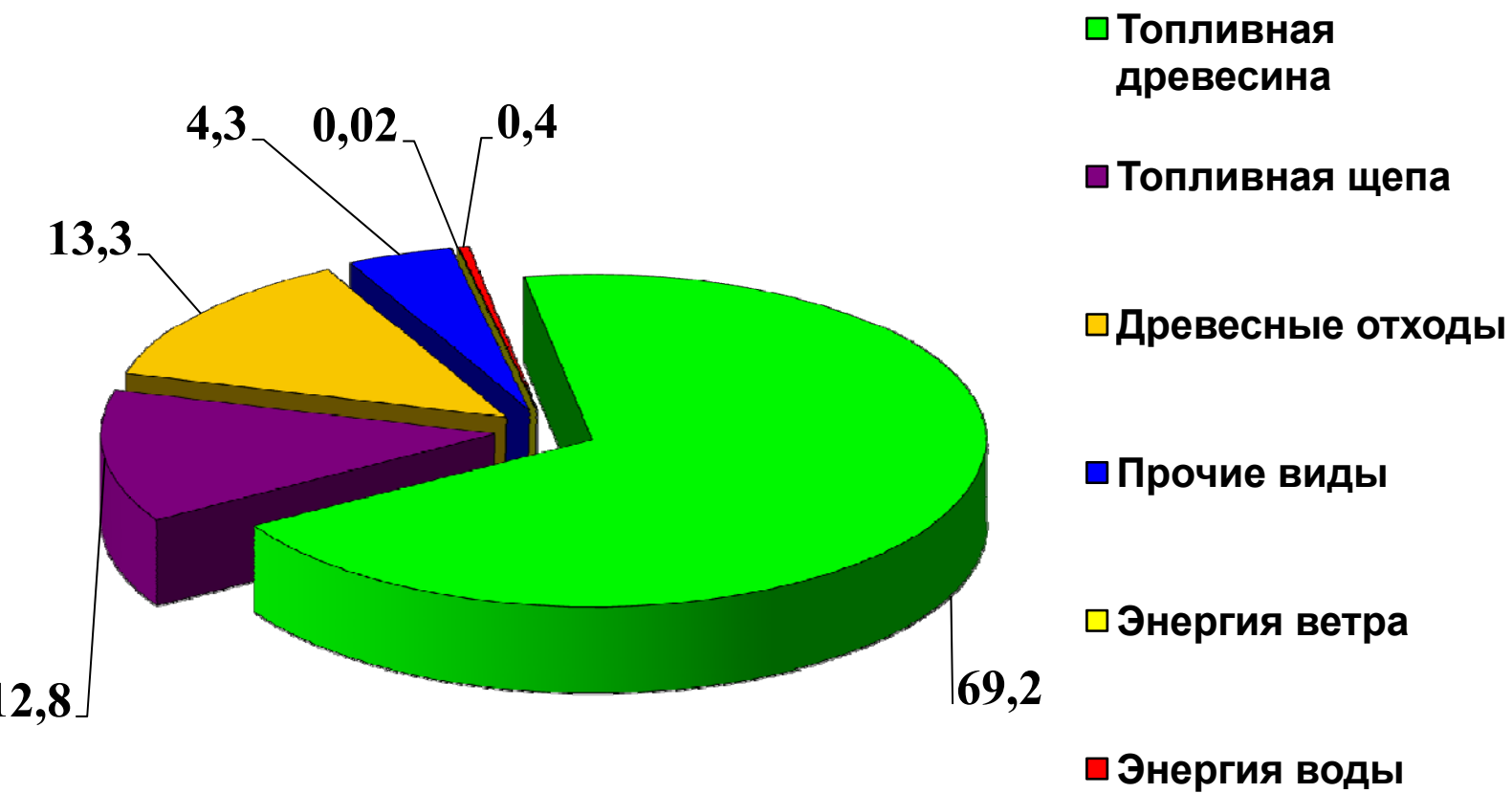
Рис. Рубительная машина МР-40  
с приводом от автономного двигателя РУП МТЗ



Рис. Руб. машина МР-25  
с приводом от ВОМ трак-ра и бункером для щепы РУП МТЗ



## Баланс возобновляемых источников энергии в Беларуси, %





## Основные программы:

Национальная программа развития местных и возобновляемых энергоисточников на 2011–2015 годы, утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 10 мая 2011 г. № 586.

Республиканская программа энергосбережения на 2011–2015 годы, утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 24 декабря 2010 г. № 1882.

Стратегия развития энергетического потенциала Республики Беларусь, утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 9 августа 2010 г. №1180.

Государственная программа строительства энергоисточников на местных видах топлива в 2010–2015 годах, утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от



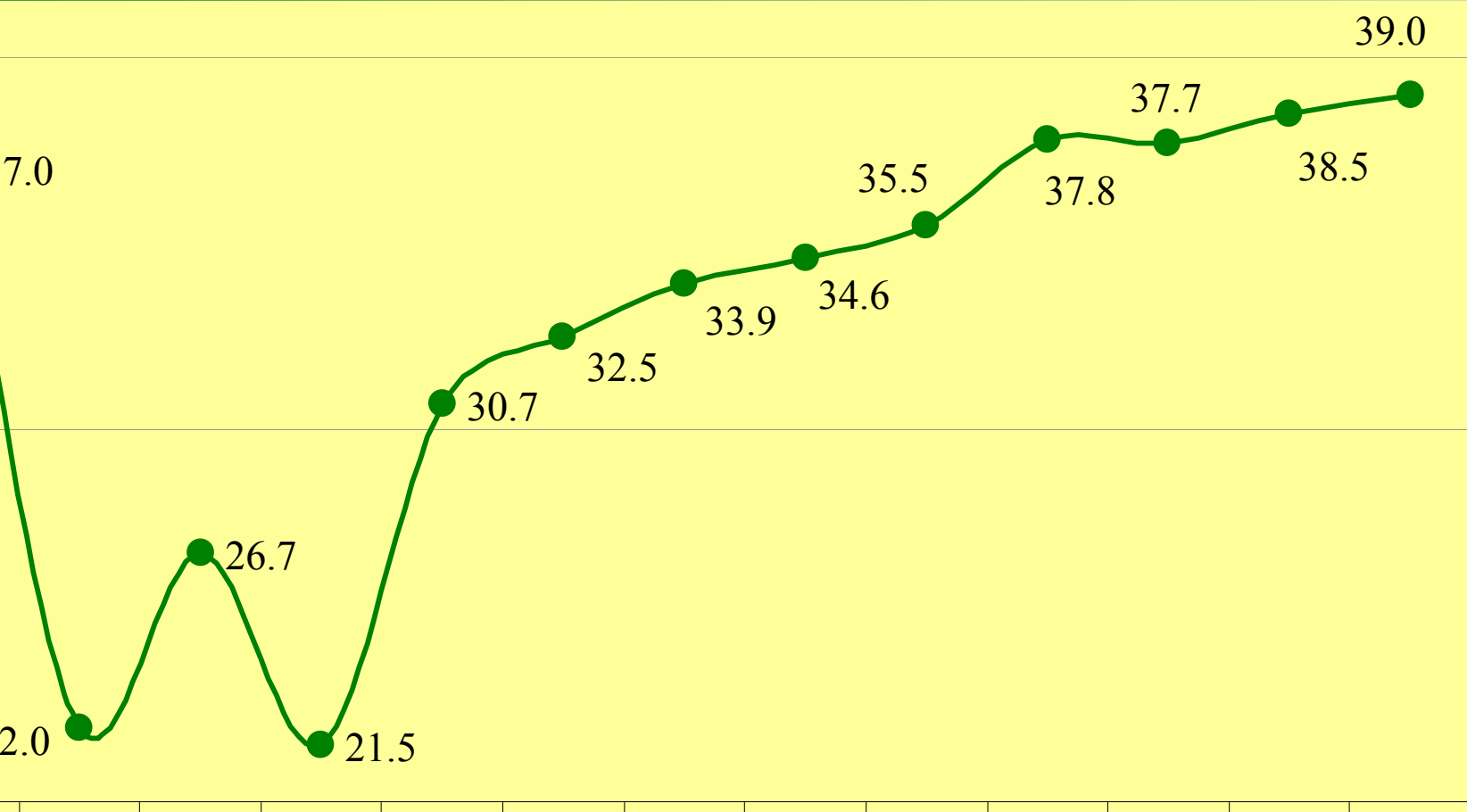
# Показатели лесного фонда Республики Беларусь



Наименование показателя	Единица измерения	Показатель по состоянию на		
		2006 год	2013 год	прогноз на 2015 год
I группы	тыс.га	4844,3	4849,3	4823,7
	%	51,6	51,4	51,0
Валовой запас насаждений - всего	млн. м <sup>3</sup>	1437,9	1598,3	1700,0
Среднее изменение запаса	млн. м <sup>3</sup>	28,3	30,9	32,0
Валовой запас насаждений	м <sup>3</sup> /га	183	199	202
Средний запас молодых и перестойных	м <sup>3</sup> /га	245	253	245
Средний возраст	лет	51	52	53
Среднее изменение запаса на 1 га	м <sup>3</sup>	3,6	3,8	4,0
Средняя полнота		0,69	0,70	0,71
Средний запас особо охраняемых				

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

## Лесистость территории Республики Беларусь



БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



## Возрастная структура лесов Республики Беларусь

Группы возраста	Возраст насаждений	Площадь, тыс.га	%
Подножки	до 41 года	1623,7	20,2
Средневозрастные	41-60 лет	3894,3	48,4
Спевающие	61-80 лет	1664,4	20,7
Старые и перестойные	81 год и более	863,7	10,7
ВСЕГО		8046,0	100,0



## Объемы заготовки древесины по рубкам главного пользования

№	Расчетная лесосека	Всего	Объем заготовки древесины, тыс. куб. метров			% освоения расчетн. лесосеки
			в том числе			
			МЛХ	Концерн	Прочие	
1	8147,0	7090	2800	3190	1100	87,0
2	8659,5	7705	2975	3380	1350	89,0
3	9144,3	8320	3190	3505	1625	91,0
4	9623,1	8950	3400	3660	1890	93,0
5	10139,6	9630	3660	3660	2310	95,0



## Методика определения потенциала древесного топлива

**Ежегодный потенциальный объем (в т у.т.) древесного топлива ( $V_{nom}$ )**, образующегося на лесозаготовках определяется формуле

$$V_{nom} = \left( \sum_{i=1}^n V_i \cdot K_i + \sum_{j=1}^m V_j \cdot K_j + \sum_{y=1}^k V_y \cdot K_y \right) \cdot T_1 + \sum_{e=1}^{n+m+k} V_e \cdot T_2$$

$V_i, V_j, V_y$  – объемы рубок главного и промежуточного пользования, при разработке лесных гарей, ветровалов и буреломов, утилизации естественного отпада в эксплуатационных лесах, м<sup>3</sup>/год;  $K_i, K_j, K_y$  – коэффициенты образования древесных отходов при этих рубках;  $V_e$  – объем дров для отопления, заготавливаемых при рубках главного и промежуточного пользования, при разработке лесных гарей, ветровалов и буреломов, утилизации естественного отпада в эксплуатационных лесах;  $T_1, T_2$  – коэффициенты перевода из м<sup>3</sup> в т у.т. древесных отходов и дров соответственно.



## Методика определения потенциала древесного топлива

**годный технически доступный объем** (в т у.т.) **древесного топлива**

образующегося на лесозаготовках определяется по формуле

$$V_{mex} = \left( \sum_{i=1}^n V_i \cdot K_i \cdot I_i + \sum_{j=1}^m V_j \cdot K_j \cdot I_j + \sum_{y=1}^k V_y \cdot K_y \cdot I_y \right) \cdot T_1 + \sum_{e=1}^{n+m+k} V_e \cdot T_2$$

$I_i, I_j, I_y$  – коэффициенты извлекаемости древесных отходов при работах главного и промежуточного пользования и разработке лесных угодий, ветровалов, буреломов, утилизации естественного отпада в эксплуатационных лесах.

**годный экономически доступный объем** (в т у.т.) **древесного**

**топлива** ( $V_{ЭК}$ ), образующегося на лесозаготовках определяется по формуле

$$V_{ЭК} = V_{mex} \cdot K_{ЭК}$$

$K_{ЭК}$  – коэффициент, характеризующий экономическую целесообразность использования для выработки тепловой энергии

технически доступного потенциала древесного топлива ( $V_{mex}$ )

**Прогноз древесного топлива из низкокачественной древесины и отходов лесозаготовки**

Периоды	Объем древесного топлива, млн. м <sup>3</sup> , в среднем в год		
	потенциальный	технически доступный	экономически доступный
2001–2005 гг.	6,820	5,504	4,643
2006–2010 гг.	8,049	6,455	5,098
2011–2015 гг.	8,955	7,135	6,425

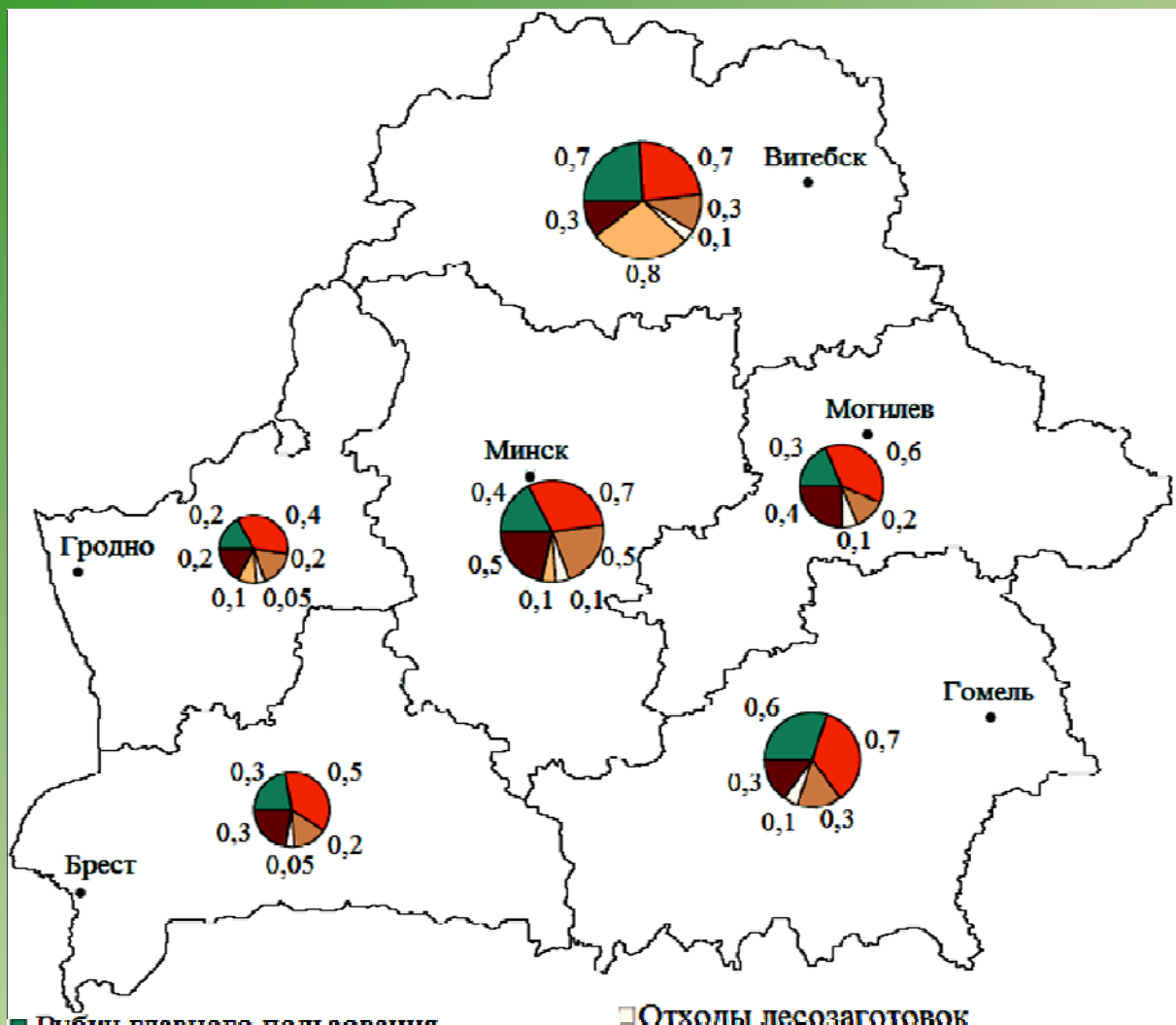
**Прогноз древесного топлива из отходов лесопиления и деревообработки**

Периоды	Объем древесного топлива, млн. м <sup>3</sup> , в среднем в год
2001–2005 гг.	1,244
2006–2010 гг.	1,605
2011–2015 гг.	1,951

**Прогноз общих экономически доступных объемов древесного топлива**

Периоды	Объем древесного топлива, млн. м <sup>3</sup> , в среднем в год		
	лесопиление и деревообработка	лесозаготовки	ИТОГО

## Ежегодный потенциал древесного топлива в Республике Беларусь, млн. м<sup>3</sup>.







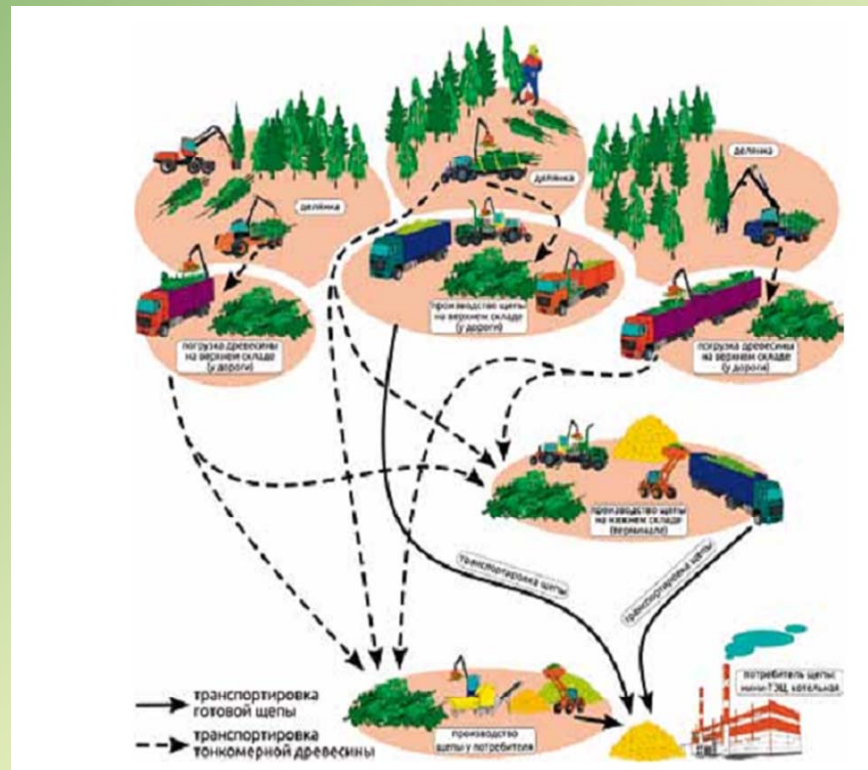
## Прогнозный потенциал древесных топливных ресурсов в лесах Республики Беларусь в 2013–2015 годах

Наименование древесных топливных ресурсов	Всего, млн. м <sup>3</sup>
Возможный объём заготовки дров, всего	7,8
в том числе при проведении:	
– рубок главного пользования	2,5
– рубок промежуточного пользования	3,6
– прочих рубок	1,7
Отходы деревообработки	2,0
Насаждения ольхи серой	1,0
Перестойные насаждения мягколиственных пород	1,0
Отходы лесозаготовок (сучья, ветви)	0,9
Древесный отпад (ликвидная захламленность и сухостойные деревья)	0,9
Всего возможный объем древесных топливных ресурсов	13,6



## Основные технологии производства топливной щепы

- производство топливной щепы на лесосеке;
- производство топливной щепы на верхнем складе;
- производство топливной щепы на промежуточном складе;
- производство топливной щепы на терминале;
- Производство топливной щепы на оперативном складе энергообъекта



БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



## Технологические инновации



БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



## Технологические инновации



БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



## Технологические инновации



БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



## Технологические инновации



БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



## Технологические инновации



БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



## Технологические инновации







## Формирование систем машин для производства топливной щепы

Для бесперебойного снабжения энергетических объектов топливной щепой из *низкокачественной древесины и отходов лесозаготовок* были сформированы системы машин трех уровней мощности:

- с годовым объемом производства топливной щепы **5–10** тыс. пл. м<sup>3</sup> для обеспечения энергетических объектов с установленной тепловой мощностью **0,2–4** МВт Министерства жилищно-коммунального хозяйства, Министерства образования, Министерства здравоохранения и других ведомств и организаций;
- с годовым объемом производства топливной щепы **11–30** тыс. пл. м<sup>3</sup> для обеспечения энергетических объектов с установленной тепловой мощностью **4–10** МВт Министерства жилищно-коммунального хозяйства и других ведомств и организаций;
- с годовым объемом производства топливной щепы **31 и более** тыс. пл. м<sup>3</sup> для обеспечения энергетических объектов с установленной тепловой мощностью **свыше 10** МВт и электрической 1 МВт и более

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



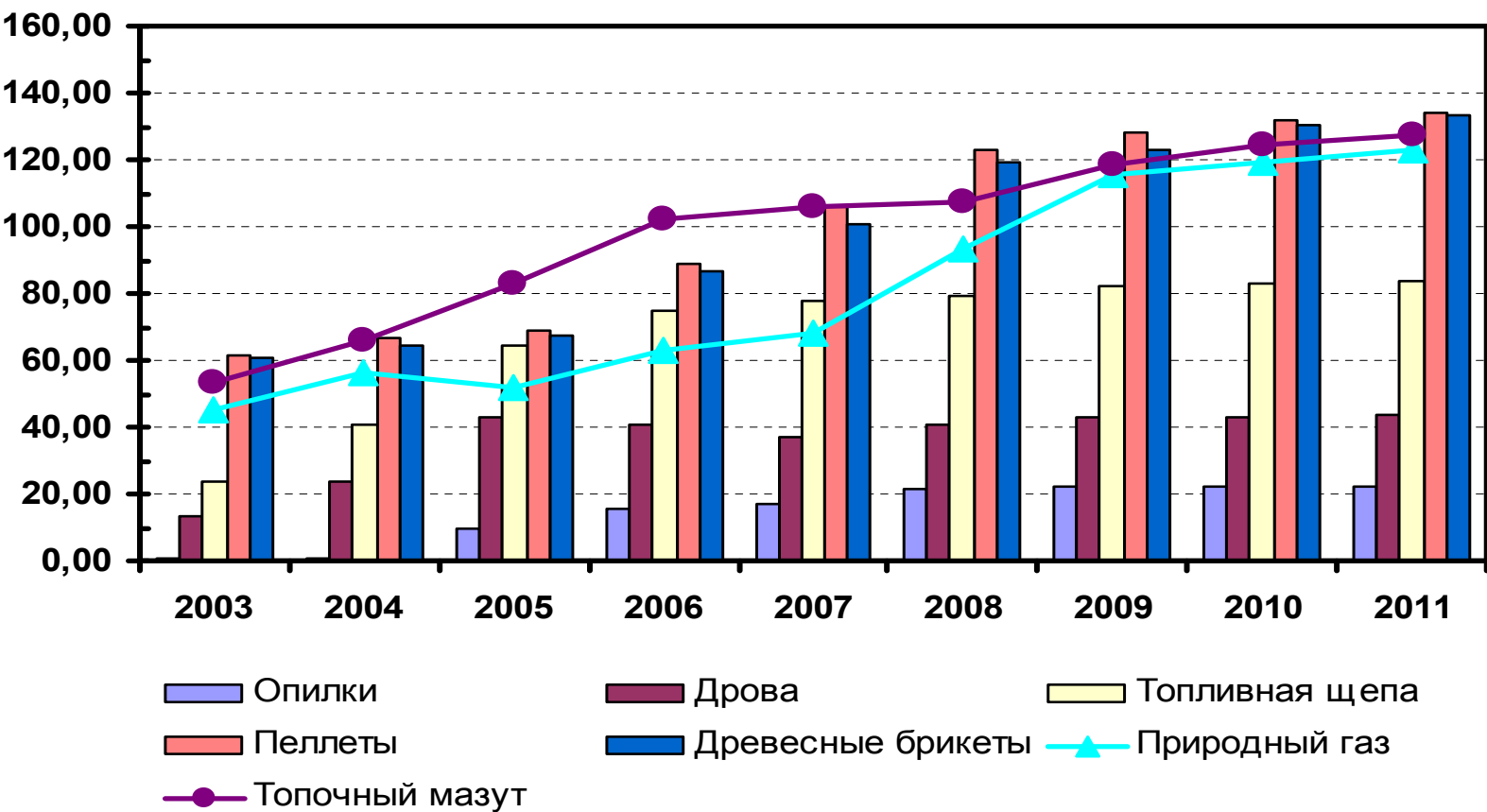
## Капитальные вложения на формирование систем машин для производства топливной щепы из низкокачественной древесины и отходов лесозаготовок

№	Состав системы машин	Суммарные капиталовложения, евро
<b>объем производства топливной щепы 5–10 тыс. пл. м<sup>3</sup>/год</b>		
1	МТЗ-1221 + МР-25 (от ВОМ) + 2 МАЗ-5433 + 2 САТ-105	221 252
2	2 МПТ-461.1 + МТЗ-1221 + «Farmi» СН 260 CF (от ВОМ) + 2 МАЗ-5433 + 2 САТ-105	200 699
3	2 МПТ-461.1 + МТЗ-82.1 + Viber 5 (с авт. двиг.) + 2 МАЗ-5433 + 2 САТ-105	198 403
<b>объем производства топливной щепы 11–30 тыс. пл. м<sup>3</sup>/год</b>		
1	3 МПТ-461.1 + МТЗ-1221 + МР 40 (с авт. двиг.) + 3 МАЗ-5433 + 3 САТ-105	386 929
2	3 МПТ-461.1 + МТЗ-1221 + Jenz 420D (с авт. двиг.) + 3 МАЗ-5433 + 3 САТ-105	481 227
3	Амкодор 2902 (от двиг. форвар.) + 2 Мультилифт МАЗ-6501А3	312 846
4	3 МПТ-461.1 + 3 МАЗ-6303 (с манип.) + 3 МАЗ-83781 + МРН-40-1 (стац.) + Амкодор-342 С + МТЗ-82.1 + ПС-30	525 080
5	3 МПТ-461.1 + 3 МАЗ-6303 (с манип.) + 3 МАЗ-83781 + «Foresteri» С4560LF (стац.) + Амкодор-342 С + МТЗ-82.1 + ПС-30	559 916
<b>объем производства топливной щепы 31 и более тыс. пл. м<sup>3</sup>/год</b>		
1	2 пакетировщика Timberjack 1490D + 4 МЛ-131 + МТЗ-1221 + Bruks 1512 СТ + 3 МАЗ-5433 + 3 САТ-105 + 2 МАЗ-6501А5 + 2 МАЗ-857102	1 748 722
2	4 МПТ-461.1 + МЛ-131 + Jenz 561R (от двиг. автомоб.) + 3 МАЗ-5433 + 3 САТ-105 + 2 МАЗ-6501А5 + 2 МАЗ-857102	826 325



## Показатели экономической оценки эффективности производства топливной щепы из дровяной древесины и отходов лесозаготовок

Наименование показателей	Система машин									
	№ 1.1	№ 1.2	№ 1.3	№ 2.1	№ 2.2	№ 2.3	№ 2.4	№ 2.5	№ 3.1	№ 3.2
Эффективность производства щепы, %	12,64	9,50	10,47	20,06	19,40	9,77	0,00	0,00	10,34	33,85
<i>Производство щепы из отходов лесозаготовок</i>										
Стоимость 1 м <sup>3</sup> щепы, евро/пл. м <sup>3</sup>	<b>13,6</b>	18,3	17,9	15,3	15,2	<b>13,2</b>	15,6	15,8	<b>13,9</b>	16,5
Цена 1 м <sup>3</sup> щепы без НДС, евро/пл. м <sup>3</sup>	15,4	20,3	20,0	18,6	18,4	14,6	15,7	16,0	15,5	22,4
<i>Производство щепы из дровяной древесины</i>										
Стоимость 1 м <sup>3</sup> щепы, евро/пл. м <sup>3</sup>	13,6	13,5	13,4	<b>12,5</b>	<b>12,6</b>	14,1	15,6	15,8	13,9	<b>10,9</b>
Цена 1 м <sup>3</sup> щепы без НДС, евро/пл. м <sup>3</sup>	15,5	15,0	15,0	15,2	15,2	15,6	15,7	16,0	15,5	14,7
<i>Производство щепы из дровяной древесины и отходов лесозаготовок</i>										
Стоимость 1 м <sup>3</sup> щепы, евро/пл. м <sup>3</sup>	13,6	14,0	13,9	<b>12,8</b>	<b>12,9</b>	14,0	15,6	15,8	13,9	<b>11,5</b>
Цена 1 м <sup>3</sup> щепы без НДС, евро/пл. м <sup>3</sup>	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,7	16,0	15,5	15,5
Выпуск, тыс. евро/год	11,5	8,7	9,6	53,7	51,9	28,3	-2,2	-2,3	40,8	122,2
Затраты, тыс. евро/год	28,1	22,8	22,4	47,1	60,5	42,8	78,3	84,8	252,6	102,3
Рентабельность по среднему значению дохода, %	5,7	6,5	6,3	<b>3,9</b>	<b>4,3</b>	4,5	7,1	7,0	6,1	<b>3,7</b>
Дисконтированный доход, %	-0,2	-0,5	-0,4	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	0,3	-0,6	-0,6	-0,7	<b>1,0</b>





## Цены на древесное топливо без НДС отопительного сезона 2013-2014 гг., руб./пл.

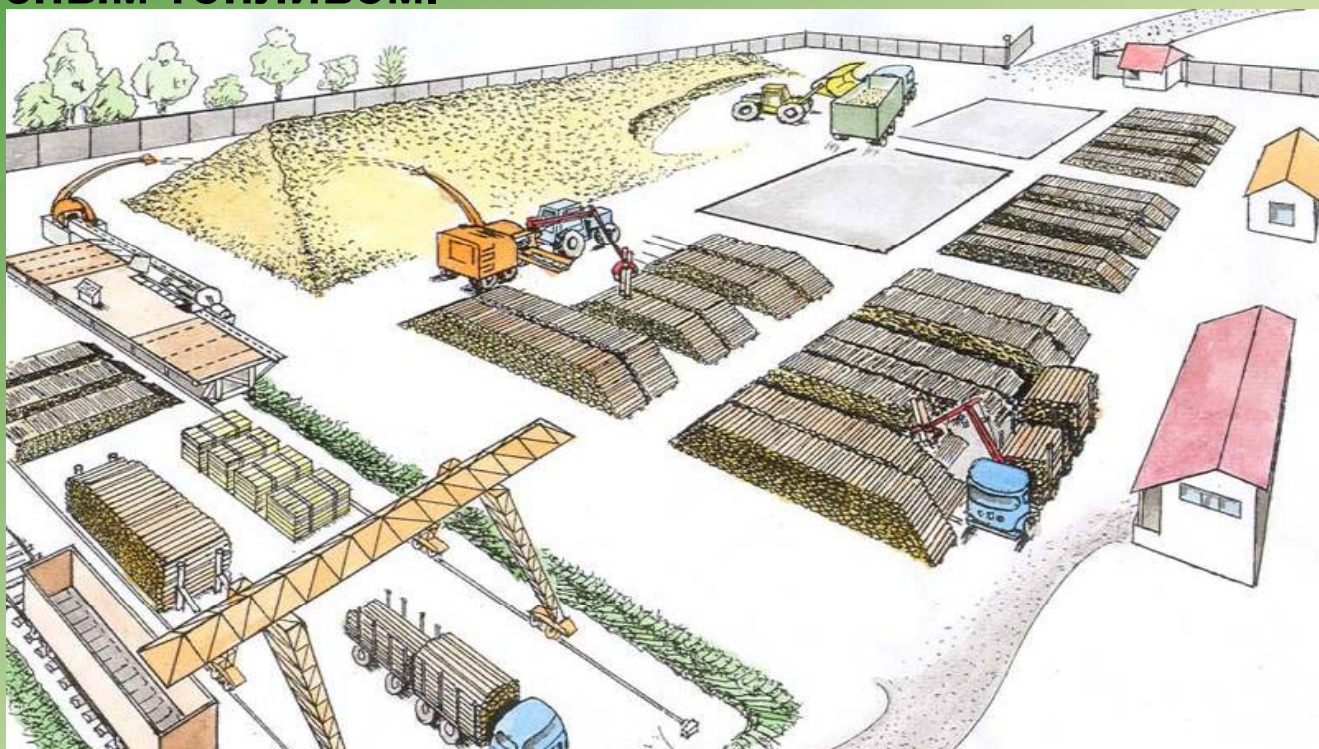
Вид топлива	Франко- промежуточный склад	Франко-нижний склад	Франко-склад потребителя
Топливая древесина с влажностью свыше 40%	216 000	252 000	276 000
Топливая древесина с влажностью менее 40%	254 000	305 000	330 000
Топливая древесина (сосна, ольха) с влажностью свыше 25%	125 000	200 000	233 000
Топливая древесина (сосна, ольха) с влажностью до 25%	153 000	240 000	281 000
Древесные отходы для отопления		77 000 – 119 000	
Дрова		95 000	
		1 200 000 ( )	

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



## Лесоэнергетические терминалы (ЛЭТ)

- временное или постоянное техническое сооружение, предназначенное для складирования, измельчения древесной массы и бесперебойного снабжения энергообъектов лесным топливом.





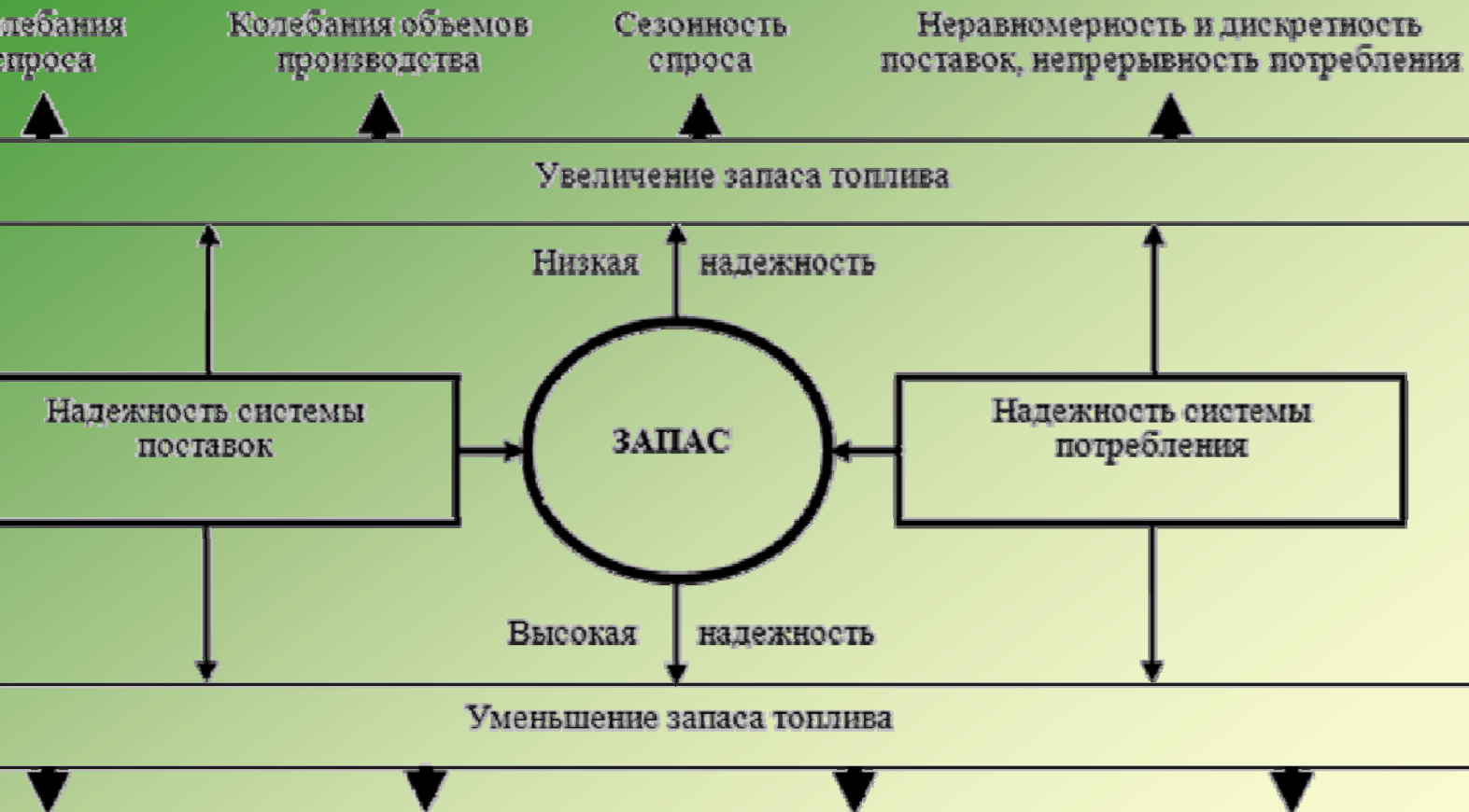
## Лесозенергетические терминалы (ЛЭТ)

Существенными особенностями ЛЭТ от складов являются:

- применение мобильной системы специализированных машин;
- гибкий технологический процесс измельчения сырья, позволяющий изменение мест и зон работы машин, хранения сырья и топлива;
- переработка древесного сырья в широком диапазоне размерных характеристик;
- возможность выбора и изменения места расположения ЛЭТ в портно-технологической схеме освоения ресурсов сырья в зависимости от конкретных производственных условий;
- возможность разделения ЛЭТ на несколько составных частей;
- возможность функциональной и территориальной интеграции с другими структурными образованиями (лесными складами, биржами, деревообрабатывающими производствами, энергообъектами и



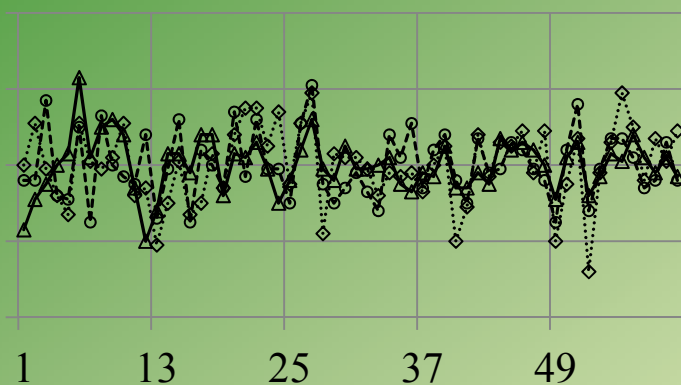
## Схема взаимосвязи функционирования систем поставок, потребления и запасов древесного топлива на ЛЭТ





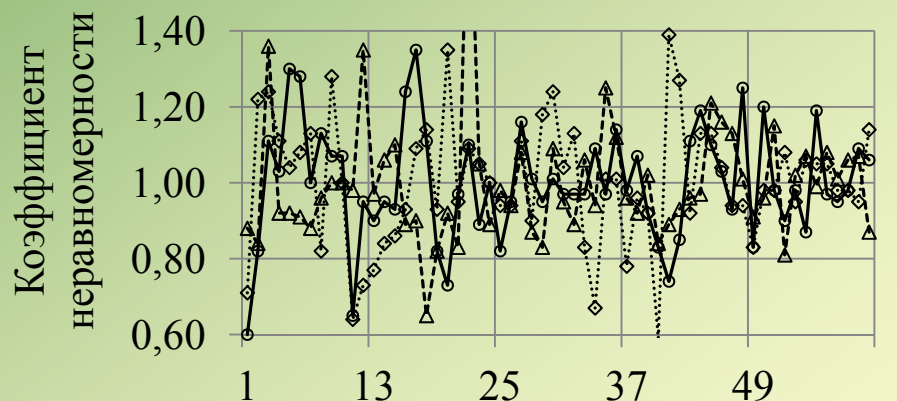


## НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ПОСТАВКИ ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА



Месяцы

- .....◇..... Витебское ГПЛХО
- Минское ГПЛХО
- ▲— Брестское ГПЛХО



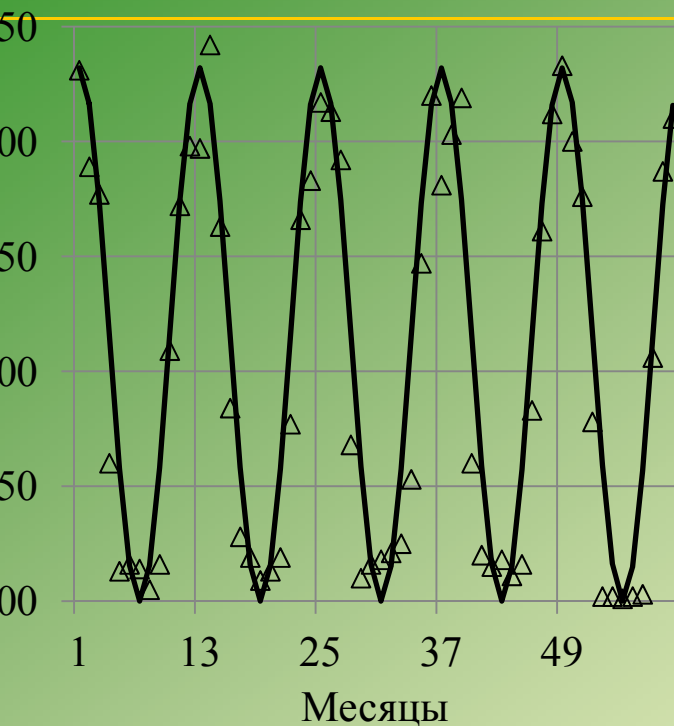
Месяцы

- .....◇..... ГЛХУ «Городокский лесхоз»
- ГЛХУ «Пинский лесхоз»
- ▲--- ГОЛХУ «Вилейский опытный лесхоз»

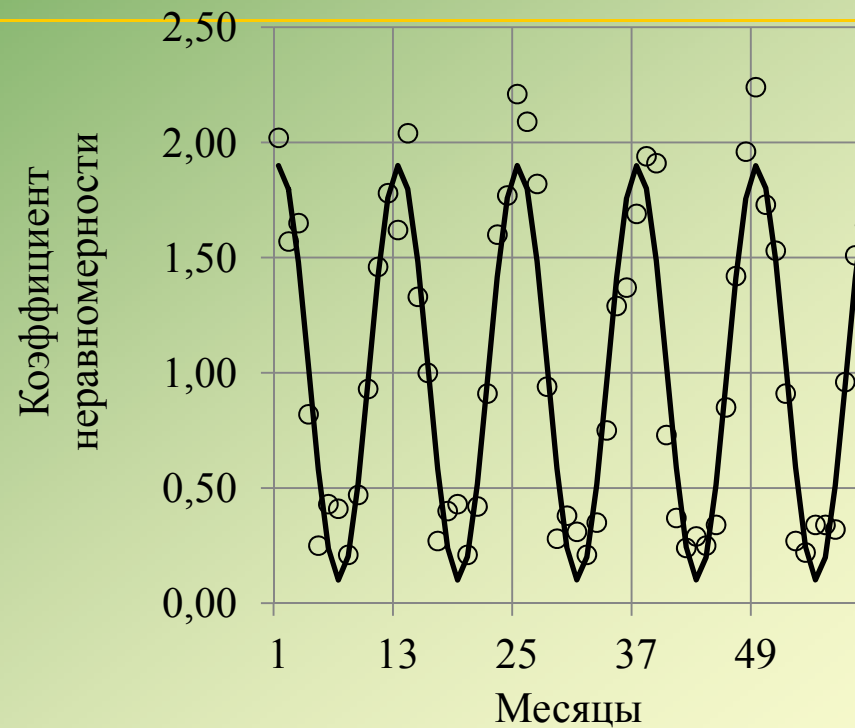
## НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ПОТРЕБЛЕНИЯ ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА



Городокское ЖКХ



Вилейская мини-ТЭЦ



△ Экспериментальные значения

— Линия аппроксимации

○ Экспериментальные значения

— Линия аппроксимации

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Перераспределение влаги в кучах измельченной древесины и образование двух слоев (внутреннего и наружного)



Сучья и ветви



Щепа различных видов



Кора



Опилки



БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

## ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ





## ДИНАМИКА ПОТЕРЬ ДРЕВЕСНОГО ВЕЩЕСТВА



*a*



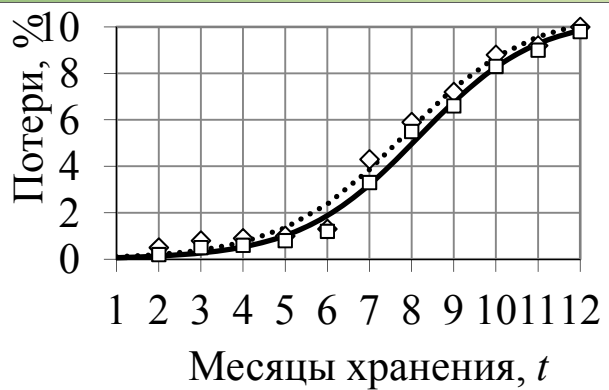
*б*



*в*



*г*



*д*



*е*

Экспериментальные значения

Теоретические значения

..... Наружный слой □ Внутренний слой

..... Наружный слой — Внутренний слой



## Математическая модель функционирования ЛЭТ

Запас древесного топлива на 1 число любого месяца:

$$Z(t_i) = 0,12 \cdot a + \sum_{i=0}^{12} [K^n(t_i) - K^c(t_i)]$$

Ограничения:

$$\sum_{i=1}^{12} K^n(t_i) + 0,01 \cdot a \geq \sum_{i=1}^{12} K^c(t_i); \quad \sum_{i=1}^{12} K^n(t_i) = \sum_{i=1}^{12} K^c(t_i).$$

Относительная вместимость ЛЭТ:

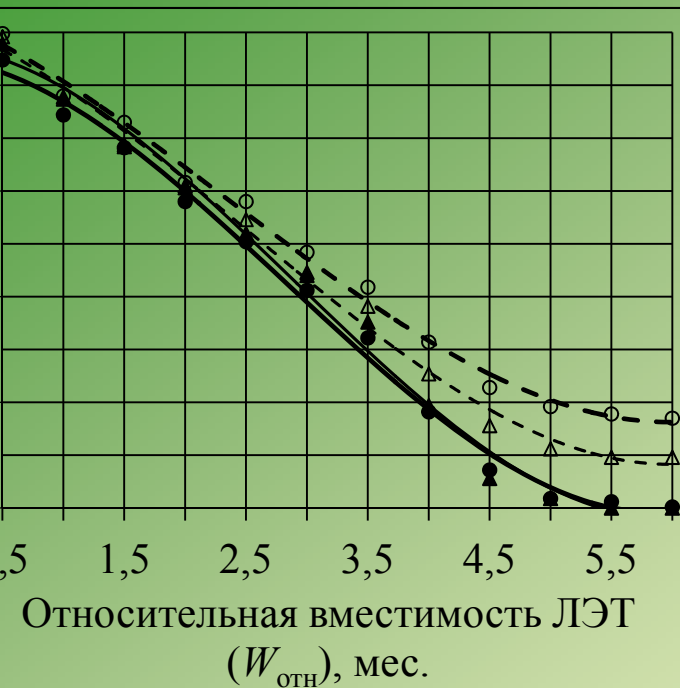
$$W_{\text{отн}} = \frac{E_{\text{скл}}}{V_{\text{ср}}},$$

Целевая функция:

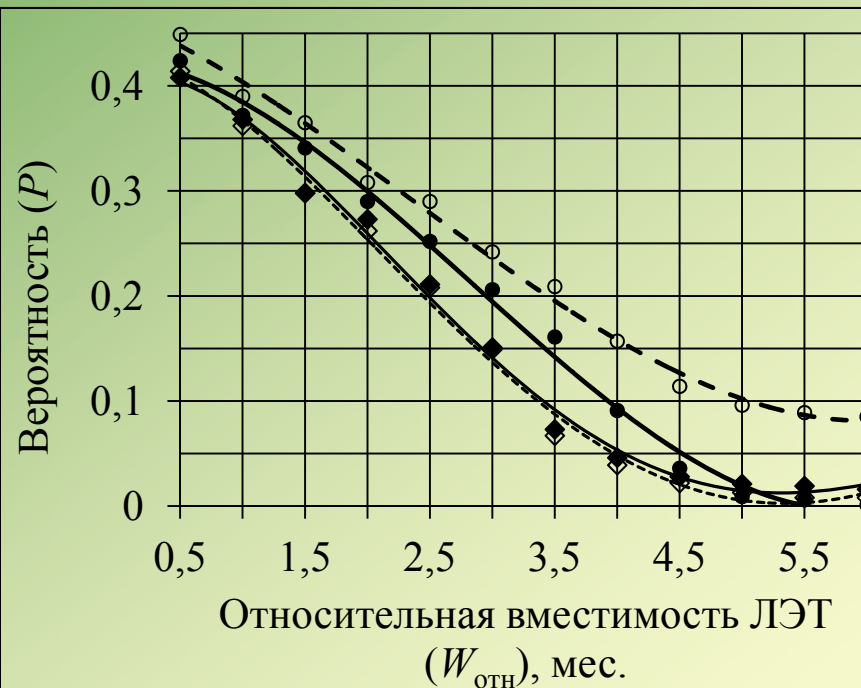
$$\begin{aligned} & \sum_{\text{пл}}^{\text{мес}} + 0,01 \cdot X_{\text{пот}} \cdot \text{Ц}_{\text{т}}^{\text{уд}} \cdot k_{\text{скл}} \cdot W_{\text{скл}} + \left[ \frac{\text{ЭЗ}_{\text{тр}}^{\text{см}} \cdot \left[ \left( \frac{a_1}{S_M} + b_1 \right) \cdot t_m \cdot S_M + t_{y-v} + t_{\text{п}} \cdot V_B \right]}{\left[ T_{\text{см}}^{\text{тр}} - (t_{\text{п-3}}^{\text{тр}} + t_{\text{л}} + t_0 \cdot S_0) \right] \cdot V_B} + \text{ЭЗ}_{\text{пр.тр}}^{\text{мес}} \right] \cdot P_{\text{пер}} + \\ & \left. \frac{L_{\text{шт}}}{2 \cdot L_{\text{мах}}} \cdot \left( \frac{2 \cdot L_{\text{мах}}}{v_{\text{дв}}} + t_{\text{п}} \right) + \frac{L_{\text{шт}} \cdot l_{\text{д.с.}} \cdot H_{\text{ш}} \cdot K_{\text{п}}}{b \cdot h \cdot v_{\text{п}} \cdot K_0 \cdot K_M \cdot K_{\text{т.г.}} \cdot K_{\text{д.с.}}} \right] + \frac{\text{ЭЗ}_{\text{пм}}^{\text{см}} \cdot \left( \frac{v_x + v_p}{v_x \cdot v_p} \cdot r + t_1 \right)}{\left( T_{\text{см}}^{\text{пм}} - t_{\text{п-3}}^{\text{пм}} \right) \cdot \varphi_{\text{см}} \cdot V_{\text{ков}}} + \text{ЭЗ}_{\text{пр.рм}}^{\text{мес}} + \text{ЭЗ}_{\text{пр.пм}}^{\text{мес}} \cdot (P_{\text{пер}} + P_{\text{отс}}) \rightarrow \min \end{aligned}$$



## ЗАВИСИМОСТИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ОТСУТСТВИЯ СЫРЬЯ НА ЛЭТ И ЕГО ПЕРЕПОЛНЕНИЯ ОТ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВМЕСТИМОСТИ ТЕРМИНАЛА



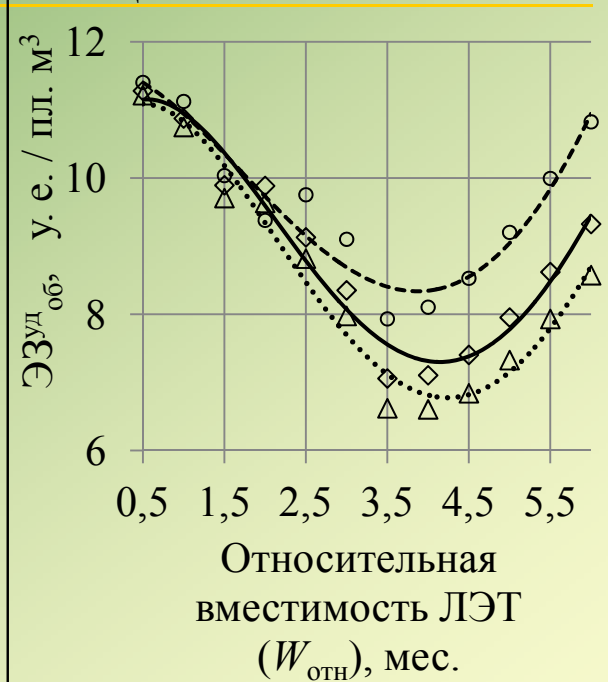
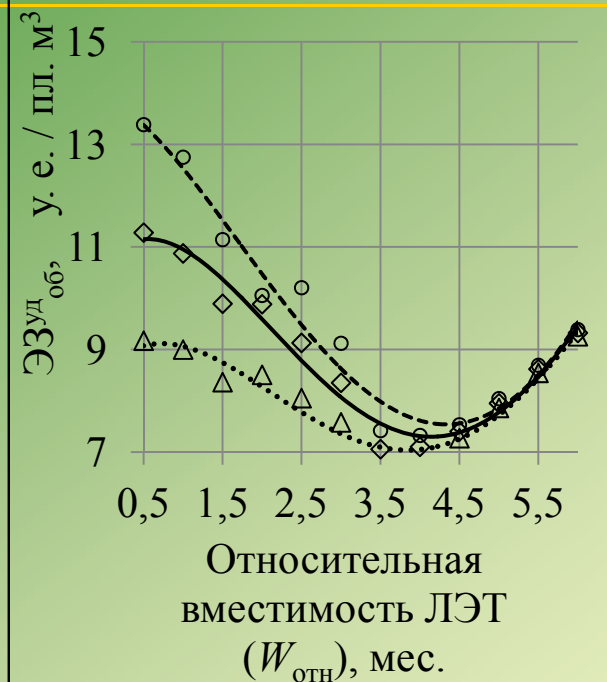
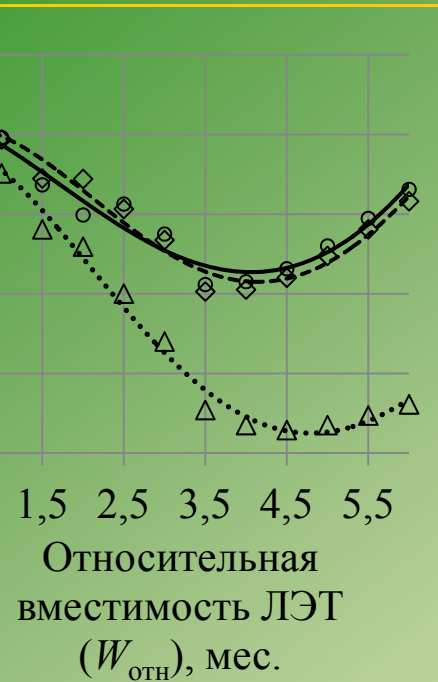
- △ Отсутствие сырья на складе (ЖКХ Витебской обл.)
- ▲ Переполнение склада (ЖКХ Витебской обл.)



- Отсутствие сырья на складе (Городокское ЖКХ)
- Переполнение склада (Городокское ЖКХ)



## ЗНАЧЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЭТ БЕЗ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СКЛАДОВ В УСЛОВИЯХ ВИЛЕЙСКОЙ МИНИ-ТЭЦ



Асфальтобетонное покрытие  
Цементнобетонное покрытие  
Гравийное покрытие

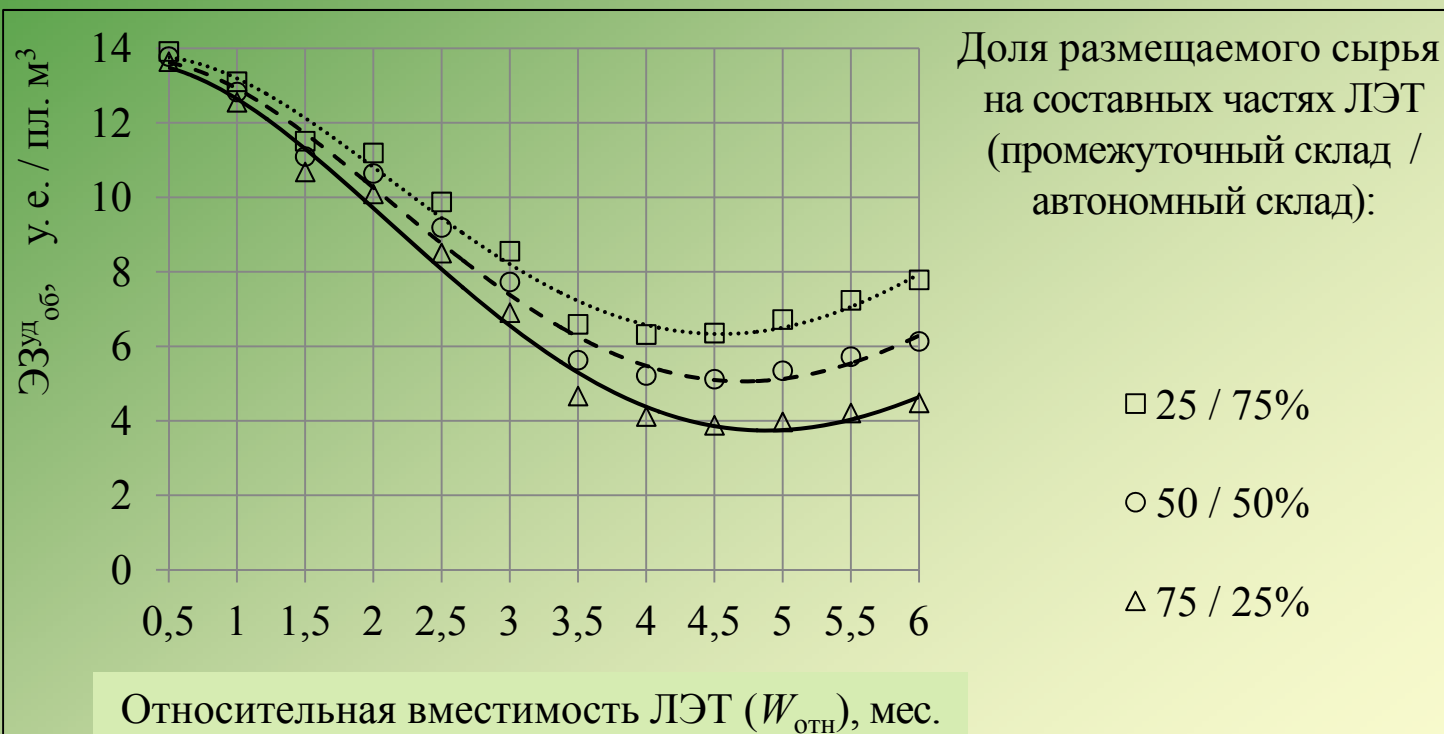
○ Зарубежная система машин  
◇ Комбинированная система машин  
△ Отечественная система

○ 2%    ◇ 1%    △ 0,5%





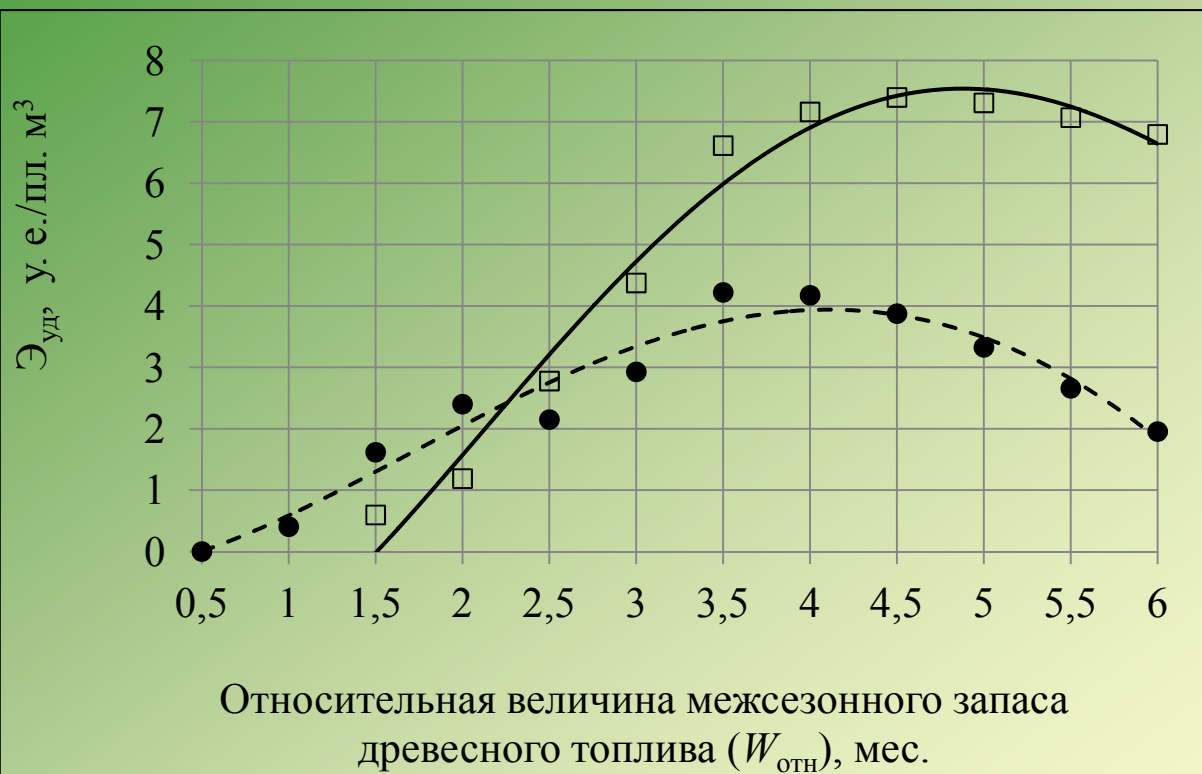
## ЗНАЧЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЭТ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ СКЛАДАМИ В УСЛОВИЯХ ВИЛЕЙСКОЙ МИНИ-ТЭЦ



БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



## УДЕЛЬНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЭТ РАЗЛИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ МЕСТИМОСТИ В СРАВНЕНИИ С ЛЭТ БАЗОВОЙ МЕСТИМОСТИ



● Без промежуточных складов

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



# **СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

Профессор кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок, академик  
И.Н. Федоренчик Александр Семенович

Заведующий кафедрой экономики и управления на предприятиях,  
кандидат наук, доцент Ледницкий Андрей Викентьевич

Первый преподаватель кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок,  
кандидат наук, доцент Леонов Евгений Анатольевич

"Белорусский государственный технологический университет"  
проспект Свердлова, 13а  
220006, г. Минск  
Республика Беларусь

т.факс. раб. +375-17-227-15-37

т.факс. раб. +375-17-227-62-17

т.факс. раб. +375-29-706-11-04