

УДК 620.95:662.638

А. В. Ледницкий, канд. экон. наук, доцент (БГТУ); П. А. Протас, ассистент (БГТУ)

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНОЙ ЩЕПЫ ИЗ ДРОВ, ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК И ДЕРЕВООБРАБОТКИ

В данной статье авторами выполнена комплексная оценка экономической эффективности систем машин для производства топливной щепы из низкокачественной древесины, отходов лесозаготовок, лесопиления и деревообработки, результаты которой позволяют: ранжировать системы машин и оборудования; определять область использования систем машин и предельные с экономической точки зрения условия их эксплуатации; принимать адекватные управленческие решения, касающиеся эффективности использования оборудования на конкретном предприятии.

In the article the Author has executed a complex estimation of an economic efficiency of machine systems satisfaction of requirements for a wood fuel of power objects small, average and high-power. Results of an estimation group machine systems and the equipment, define area of use and economically extremal conditions of operation. On the basis of results of an estimation guide administrative decisions on application of the equipment at the concrete enterprise made.

**Введение.** В настоящее время в Республике Беларусь создана новая система обеспечения энергетических объектов древесным топливом, требующая ресурсного и финансового обеспечения. Разработаны отечественные машины и оборудование, технологии, выбраны наиболее целесообразные формы организации производства. Сегодня все усилия направлены на снижение себестоимости производства древесного топлива и повышение его конкурентоспособности по отношению к ископаемым видам топлива путем формирования наиболее эффективных систем машин, оптимизации расположения складов и решения задач логистики доставки топлива. Решение данной задачи требует хорошего информационного обеспечения, выполнения многовариантных технико-экономических расчетов, поиска принципиально новых технических, технологических и организационно-управленческих методов.

**1. Сырьевой потенциал производства щепы.** Основными разновидностями древесного сырья, вовлекаемыми в процесс производства топливной щепы, в Республике Беларусь являются: отходы лесозаготовок по рубкам главного и промежуточного пользования; отходы цехов лесопиления и цехов деревообработки; низкокачественная неделовая (дровяная) древесина.

При этом основной удельный вес потребляемого сырья приходится на низкокачественную дровяную древесину. Отходы лесопиления и деревообработки в основном используются для выработки технологической щепы, производства пеллет. Отходы лесозаготовок по ряду причин не нашли должного применения.

**2. Формирование систем машин для производства топливной щепы.** Для бесперебойного снабжения их топливной щепой из *низкокачественной древесины и отходов лесозаготовок* энергетических объектов потребителей древесного топлива с учетом различных значе-

ний установленной мощности 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 Министерства жилищно-коммунального хозяйства, Министерства энергетики.

Для производства топливной щепы из *отходов лесопиления и деревообработки* сформированы системы машин трех уровней мощности:

– с годовым объемом производства топливной щепы **5–7** тыс. пл. м<sup>3</sup> для лесопильных цехов с годовым объемом переработки сырья до **15** тыс. пл. м<sup>3</sup>;

– с годовым объемом производства топливной щепы **8–15** тыс. пл. м<sup>3</sup> для лесопильных цехов с годовым объемом переработки сырья **16–30** тыс. пл. м<sup>3</sup>;

– с годовым объемом производства топливной щепы **16–25** тыс. пл. м<sup>3</sup> для лесопильных цехов с годовым объемом переработки сырья **31–50** тыс. пл. м<sup>3</sup>.

Капитальные затраты на приобретение систем машин, обеспечивающих сбор, заготовку, транспортировку, измельчение древесного сырья

в топливную щепу и поставку ее потребителю из низкокачественной древесины и отходов лесозаготовок представлены в табл. 1, из отходов лесопиления и деревообработки – в табл. 2.

**3. Оценка экономической эффективности производства топливной щепы.** Эффективность производства топливной щепы определена с использованием разработанных методических подходов, изложенных в [1]. Результаты выполненной оценки эффективности производства топливной щепы из низкокачественной древесины и отходов лесозаготовок представлены в табл. 3, из отходов лесопиления и деревообработки в табл. 4.

Анализ табл. 3 позволяет сделать вывод о том, что производство топливной щепы из дровяной древесины и отходов лесозаготовок в условиях лесосеки и промежуточного склада с использованием мобильных систем машин № 1.1–1.3 выгодно. При этом более эффективной оказалась система машин № 1.1, сформированная на базе прицепной барабанной рубильной машины отечественного производства типа «Беларус МР-25» с приводом от вала отбора мощности трактора МТЗ-1221, производства РУП «МТЗ». В данной системе машин уровень рентабельности производства щепы по сравнению с системами машин № 1.2 и 1.3 выше примерно на 26,6%, чистая прибыль – на 25,7%, а период возврата капитала меньше на 11%. Высокая эффективность объясняется использованием рубильной машины с барабанным механизмом резания, что обеспечивает более высокую производительность. Среди систем машин, сформированных на базе дисковых рубильных машин, более эффективной оказалась система машин № 1.3, использующая рубильную машину с автономным двигателем. Так, себестоимость топливной щепы для системы машин № 1.3 ниже на 1% и период возврата капитала на 2,8% меньше по сравнению с системой машин № 1.2

Таблица 1

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

№ системы машин	Состав системы машин	Суммарные капиталовложения, тыс. руб.
объем производства топливной щепы <b>5–10</b> тыс. пл. м <sup>3</sup> /год		
1.1	МТЗ-1221 + МР-25 (от ВОМ) + 2 МАЗ-5433 + 2 САТ-105	885 008
1.2	2 МПТ-461.1 + МТЗ-1221 + «Farmi» СН 260 CF (от ВОМ) + 2 МАЗ-5433 + 2 САТ-105	802 796
1.3	2 МПТ-461.1 + МТЗ-82.1 + Biber 5 (с авт. двиг.) + 2 МАЗ-5433 + 2 САТ-105	793 610
объем производства топливной щепы <b>11–30</b> тыс. пл. м <sup>3</sup> /год		
2.1	3 МПТ-461.1 + МТЗ-1221 + МР 40 (с авт. двиг.) + 3 МАЗ-5433 + 3 САТ-105	1 547 717
2.2	3 МПТ-461.1 + МТЗ-1221 + Jenz 420D (с авт. двиг.) + 3 МАЗ-5433 + 3 САТ-105	1 924 906
2.3	Амкодор 2902 (от двиг. форвар.) + 2 Мультилифт МАЗ-6501А3	1 251 385
2.4	3 МПТ-461.1 + 3 МАЗ-6303 (с манип.) + 3 МАЗ-83781 + МРН-40-1 (стац.) + Амкодор-342 С + МТЗ-82.1 + ПС-30	2 100 318
2.5	3 МПТ-461.1 + 3 МАЗ-6303 (с манип.) + 3 МАЗ-83781 + «Foresteri» С4560LF (стац.) + Амкодор-342 С + МТЗ-82.1 + ПС-30	2 239 663
объем производства топливной щепы <b>31 и более</b> тыс. пл. м <sup>3</sup> /год		
3.1	2 пакетировщика Timberjack 1490D + 4 МЛ-131 + МТЗ-1221 + Bruks 1512 СТ + 3 МАЗ-5433 + 3 САТ-105 + 2 МАЗ-6501А5 + 2 МАЗ-857102	6 994 886
3.2	4 МПТ-461.1 + МЛ-131 + Jenz 561R (от двиг. автомоб.) + 3 МАЗ-5433 + 3 САТ-105 + 2 МАЗ-6501А5 + 2 МАЗ-857102	3 305 301

Таблица 2

**Капитальные вложения на формирование систем машин для производства топливной щепы из отходов лесопиления и деревообработки**

№ системы машин	Состав системы машин	Суммарные капиталовложения, тыс. руб.
объем производства топливной щепы <b>5–7</b> тыс. пл. м <sup>3</sup> /год		
4.1	КСЛ 4040-60 + МРНП-10 (стац.) + КСЛ 4040-60 + Беларус П 10М + МТЗ-82.1 + ПСТ-9	417 881
4.2	КСЛ 4040-60 + МТЗ-1221 + «Farmi» СН 260 CF + Беларус П 10М + МТЗ-82.1 + ПСТ-9	363 693

Окончание табл. 2

№ системы машин	Состав системы машин	Суммарные капиталовложения, тыс. руб.
объем производства топливной щепы <b>8–15</b> тыс. пл. м <sup>3</sup> /год		
5.1	КСЛ 4040-60 + МРГ-20Б-1 (стац.) + КСЛ 4040-60 + Амкодор-342 С + МТЗ-82.1 + ПС-30	704 610
5.2	КСЛ 4040-60 + МТЗ-1221 + МР-25 (от ВОМ) + Амкодор-342 С + МТЗ-82.1 + ПС-30	934 821
объем производства топливной щепы <b>16–25</b> тыс. пл. м <sup>3</sup> /год		
6.1	КСЛ 6550-80 + МРН-40-1 (стац.) + КСЛ 6550-80 + Амкодор-342 С + МТЗ-82.1 + ПС-30	955 692
6.2	КСЛ 6550-80 + МТЗ-1221 + МР 40 (с авт. двиг.) + Амкодор-342 С + МТЗ-82.1 + ПС-30	1 013 548

Таблица 3

**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
Рентабельность 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>										
Полная себестоимость 1 м <sup>3</sup> щепы, тыс. руб./пл. м <sup>3</sup>	54,20	73,31	71,62	61,37	60,98	52,61	62,23	63,30	55,63	66,13
Отпускная цена 1 м <sup>3</sup> щепы без НДС, тыс. руб./пл. м <sup>3</sup>	61,66	81,08	79,92	74,42	73,54	58,33	62,86	63,94	62,00	89,41
<i>Производство щепы из дровяной древесины</i>										
Полная себестоимость 1 м <sup>3</sup> щепы, тыс. руб./пл. м <sup>3</sup>	54,53	54,14	53,78	49,99	50,34	56,29	62,23	63,30	55,63	43,60
Отпускная цена 1 м <sup>3</sup> щепы без НДС, тыс. руб./пл. м <sup>3</sup>	62,04	59,89	60,01	60,62	60,71	62,41	62,86	63,94	62,00	58,95
<i>Смешанное производство щепы из дровяной древесины и отходов лесозаготовок</i>										
Полная себестоимость 1 м <sup>3</sup> щепы, тыс. руб./пл. м <sup>3</sup>	54,49	56,06	55,56	51,12	51,40	55,92	62,23	63,30	55,63	45,85
Отпускная цена 1 м <sup>3</sup> щепы без НДС, тыс. руб./пл. м <sup>3</sup>	62,00	62,00	62,00	62,00	62,00	62,00	62,86	63,94	62,00	62,00
Чистая прибыль, млн. руб./год	46,17	34,96	38,51	214,95	207,60	113,38	-8,88	-9,29	163,01	488,98
Амортизация, млн. руб./год	112,59	91,31	89,71	188,20	242,13	171,37	313,20	339,00	1010,52	409,04
Период возврата по среднему значению дохода, лет	5,67	6,47	6,29	3,88	4,34	4,46	7,08	6,96	6,09	3,72

Таблица 4

**Показатели экономической оценки эффективности производства топливной щепы из отходов лесопиления**

Наименование показателей	Система машин					
	№ 4.1	№ 4.2	№ 5.1	№ 5.2	№ 6.1	№ 6.2
Рентабельность производства щепы, %	12,64	9,50	20,06	19,40	9,77	0,00
<i>Производство щепы из отходов лесозаготовок</i>						
Полная себестоимость 1 м <sup>3</sup> щепы, тыс. руб./пл. м <sup>3</sup>	54,20	73,31	61,37	60,98	52,61	62,23
Отпускная цена 1 м <sup>3</sup> щепы без НДС, тыс. руб./пл. м <sup>3</sup>	61,66	81,08	74,42	73,54	58,33	62,86
<i>Производство щепы из дровяной древесины</i>						
Полная себестоимость 1 м <sup>3</sup> щепы, тыс. руб./пл. м <sup>3</sup>	54,53	54,14	49,99	50,34	56,29	62,23
Отпускная цена 1 м <sup>3</sup> щепы без НДС, тыс. руб./пл. м <sup>3</sup>	62,04	59,89	60,62	60,71	62,41	62,86

Окончание табл. 4

Наименование показателей	Система машин					
	№ 4.1	№ 4.2	№ 5.1	№ 5.2	№ 6.1	№ 6.2
<i>Смешанное производство щепы из дровяной древесины и отходов лесозаготовок</i>						
Полная себестоимость 1 м <sup>3</sup> щепы, тыс. руб./пл. м <sup>3</sup>	54,49	56,06	51,12	51,40	55,92	62,23
Отпускная цена 1 м <sup>3</sup> щепы без НДС, тыс. руб./пл. м <sup>3</sup>	62,00	62,00	62,00	62,00	62,00	62,86
Чистая прибыль, млн. руб./год	46,17	34,96	214,95	207,60	113,38	-8,88
Амортизация, млн. руб./год	112,59	91,31	188,20	242,13	171,37	313,20
Период возврата по среднему значению дохода, лет	5,67	6,47	3,88	4,34	4,46	7,08

Использование мобильных систем машин № 2.1–2.3 для природно-производственных условий предприятий лесного комплекса Республики Беларусь выгодно. При этом необходимо отметить, что по сравнению с системами машин № 1.1–1.3 происходит значительное увеличение рентабельности производства топливной щепы и сокращение периода возврата капитала в среднем на 84% и 35% соответственно. Это обусловлено ростом объемов производства и, как следствие, снижением удельных затрат на содержание и эксплуатацию оборудования и заработную плату с начислениями. При этом наиболее эффективными оказались системы машин № 2.1 и 2.2, сформированные на базе мобильных прицепных рубильных машин барабанного типа с приводом от автономного двигателя «Беларус МР-40» производства РУП «МТЗ» и НЕМ 420 D производства немецкой фирмы «Jenz». Система машин № 2.3, сформированная на базе самоходной рубильной машины «Амкодор 2902», изготовленной на базе форвардера, и автощеповоза МАЗ-6501А3 с системой мультилифт, оказалась недостаточно эффективной. Так, значение себестоимости производства топливной щепы для нее по сравнению с системами машин № 2.1 и 2.2 выше на 9%, а период возврата капитала – на 8,5%. Применение системы машин № 2.3 наиболее эффективно при расстояниях вывозки до 30 км и преобладании в течение смены времени на погрузку-разгрузку. Системы машин № 2.4 и 2.5, сформированные на базе стационарных рубильных машин дискового и барабанного типов, в заданных условиях эксплуатации оказались экономически неэффективными. Об этом свидетельствуют: рентабельность – 0%, отпускная цена 92–94 тыс. руб./пл. м<sup>3</sup> – выше предельных цен в расчетах по республике, период возврата капитала – превышающий нормативный срок службы ведущего оборудования.

Анализ использования систем машин № 3.1–3.2 свидетельствует о высокой экономи-

ческой эффективности. Так, система машин № 3.1, сформированная на базе прессователя-пакетировщика рыхлого сырья (лесосечных отходов) Timberjack 1490D и мобильной рубильной машины барабанного типа Brucks 1512 СТ, обеспечивает весьма эффективное производство топливной щепы из отходов лесозаготовок. Об этом свидетельствуют: рентабельность 10,34%, отпускная цена в диапазоне предельных цен в республике и период возврата капитала (6,09 года) в пределах нормативного срока службы ведущего оборудования. Вместе с тем система машин № 3.1 отличается высокой капиталоемкостью (6994,89 млн. руб.), и ее применение будет эффективно только в случае переработки значительных объемов отходов лесозаготовок (от 30 и более тыс. пл. м<sup>3</sup>/год).

Система машин № 3.2, сформированная на базе мобильной рубильной машины барабанного типа на автомобильном шасси НЕМ 561R фирмы «Jenz», отличается высокой экономической эффективностью. Ее использование обеспечивает производство топливной щепы с рентабельностью в среднем 33,85%, получение чистой прибыли в размере 489 млн. руб. в год и период возврата капитала в течение 4 лет. Себестоимость производства щепы для системы машин № 3.2 по сравнению с лучшими аналогами, системами машин № 2.1 и 2.2, ниже на 10,6%, а период возврата капитала – на 8,9%. Система машин № 3.2 рекомендуется к использованию при значительных объемах производства (более 30 тыс. пл. м<sup>3</sup>/год) и большой децентрации измельчаемого сырья.

Анализ табл. 4 позволяет сделать вывод о том, что производство топливной щепы из отходов лесопиления и деревообработки в небольших объемах (системы машин № 4.1–4.2) является экономически малоэффективным мероприятием. Период возврата капиталовложений для системы машин № 4.1 составил 6,47 года. Столь высокое значение периода возврата денежных средств, в первую очередь, обусловлено низкой производительностью оборудования

и, как следствие, высокими затратами на выпуск топливной щепы.

Система машин № 4.2 вообще не сможет обеспечить возврат капитала в пределах нормативного срока службы оборудования. В целом при заданных объемах производства топливной щепы более предпочтительной для приобретения является система машин № 4.1, сформированная на базе стационарной рубильной машины дискового типа с приводом от электродвигателя производства Гатчинского опытного завода бумагоделательного оборудования (РФ).

Увеличение объемов производства топливной щепы из отходов лесопиления и деревообработки (системы машин № 5.1–5.2) позволило значительно сократить себестоимость. При этом более эффективной оказалась система машин № 5.2, сформированная на базе прицепной мобильной рубильной машины барабанного типа «Беларус МР-25» с приводом от вала отбора мощности трактора МТЗ-1221. Период возврата капиталовложений для системы машин № 5.2 составил 6,11 года, что находится в пределах нормативного срока службы ведущего оборудования. Применение системы машин № 5.2 обеспечило уровень цен, не превышающий сложившийся в республике, и позволило получить чистую прибыль в размере 41,43 млн. руб./год.

Анализ использования систем машин № 6.1–6.2 свидетельствует о достаточно высокой экономической эффективности производства топливной щепы из отходов лесопиления и деревообработки. Так, по сравнению с системами машин № 4.1–4.2 и № 5.1–5.2 период возврата капитала сократился в среднем на 52,7% и 40,4% соответственно. Такое значительное улучшение основных показателей эффективности вложения денежных средств в проект закупки систем машин обусловлено ростом их производительности, снижением трудоемкости и капиталоемкости. Вместе с тем более эффективной оказалась система машин № 6.1, сформированная на базе стационарной рубильной машины дискового типа МРН-40-1 производства Гатчинского опытного завода бумагоделательного оборудования (РФ). Ее применение обеспечило рентабельность производства щепы на самом высоком уровне среди рассматриваемых систем машин (23,2%) и позволило получить чистую прибыль в размере 122,65 млн. руб./год. В то же время система машин № 6.2, сформированная на базе мобильной прицепной рубильной машины барабанного типа с приводом от автономного двигателя «Беларус МР-40» производства РУП «МТЗ», также является вполне привлекательной для финансирования.

В целом результаты выполненной оценки позволяют сделать следующие выводы.

Трудоемкость производства топливной щепы зависит от степени механизации и автоматизации производственного процесса. Как правило, более высокую степень автоматизации производственного процесса позволяют получить мобильные системы машин, сформированные на базе рубильных машин барабанного типа.

Капиталоемкость производства топливной щепы зависит от сложности конструкции применяемых машин и оборудования, оснащенности их средствами автоматизации. Более значительные первоначальные объемы инвестиций, как правило, связаны с мобильными системами машин. В то же время за счет более высокой производительности удельная капиталоемкость в мобильных системах машин находится на более низком уровне.

Рост объемов производства топливной щепы позволяет снизить удельные затраты на содержание и эксплуатацию оборудования и заработную плату с начислениями. Поэтому организовывать производство топливной щепы выгодно при годовом объеме производства не менее 7 тыс. пл. м<sup>3</sup>.

Для измельчения низкокачественной древесины, отходов лесозаготовок, лесопиления и деревообработки на топливную щепу могут эффективно применяться как мобильные, так и стационарные рубильные машины, с дисковым и барабанным механизмами резания. В этой связи окончательное решение о формировании и приобретении той или иной системы машин должно приниматься с учетом конкретных природно-производственных условий исходя из разработки соответствующего технико-экономического обоснования.

**Заключение.** Результаты выполненных исследований позволяют сделать следующие основные выводы.

1. Глобальные аспекты воздействия энергетического сектора на окружающую среду и необходимость обеспечения энергетической безопасности стран, не имеющих своих ископаемых энергетических ресурсов, способствуют использованию в этих странах древесной биомассы, как местного возобновляемого источника сырья, для производства энергии.

2. В Беларуси, где непрерывно возрастает лесосырьевой потенциал страны, где начат массовый перевод котлов с российского газа и мазута на местное древесное топливо, где формируется школа собственного лесного машиностроения, оценка экономической эффективности использования древесного биосырья для энергетических целей представляется весьма актуальной.

3. Накопленный отечественный опыт свидетельствует: проекты по использованию древесного топлива требуют скрупулезной

экономической проработки. Ибо они могут оказаться как высоко rentable, так и глубоко убыточными. Причем приобрести готовые технологии производства древесного топлива не удастся. Слишком много факторов влияет на эффективность его производства.

4. Результаты научных исследований, обобщенный мировой и первый отечественный опыт по созданию машин и технологий для производства топливной щепы [2] будут стимулировать поиск новых решений в области повышения эффективности использования низкокачественной древесины, отходов лесозаготовок, лесопиления и деревообработки. Полученные результаты могут быть использованы в практической работе министерств, ведомств и

организаций, занимающихся заготовкой древесно-топливного сырья, его измельчением, хранением и доставкой топливной щепы к местам потребления.

#### Литература

1. Федоренчик, А. С. Энергетическое использование низкокачественной древесины и древесных отходов / А. С. Федоренчик, А. В. Ледницкий. – Минск: БГТУ, 2010. – 446 с.

2. Федоренчик, А. С. Состояние и анализ обеспечения древесным топливом энергетических объектов в Республике Беларусь / А. С. Федоренчик, А. В. Ледницкий // Энергоэффективность. – 2008. – № 3. – С. 13–16.

*Поступила 19.07.2010*