

УДК 621.311.1:630*832

К ПРОБЛЕМЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МАЛОГО ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ.

Мясин И. Е., студент гр. ТБ-24, II курс

Научный руководитель: Захарова О. Л., к.б.н., доцент

Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,
г. Абакан

Актуальность темы обусловлена глобальными трендами перехода к «зеленой» экономике, ужесточением экологических требований к промышленным предприятиям и ростом тарифов на электроэнергию. Проблема обеспечения устойчивого развития промышленности заключается в поиске баланса между экономической эффективностью, надежностью энергоснабжения и снижением антропогенной нагрузки на окружающую среду [1]. Для энергоемких производств, таких как деревообработка, эта проблема стоит особенно остро в условиях зависимости от централизованной энергосистемы, основанной на сжигании ископаемого топлива. Для малых предприятий высокие операционные расходы становятся критическим фактором, угрожающим их рентабельности.

Цель работы – разработка предложений по оптимизации процесса энергопотребления на малом деревообрабатывающем предприятии.

Объектом исследования является малое предприятие деревообрабатывающей отрасли, входящее в производственную сферу Республики Хакасия.

Технологический процесс рассматриваемого предприятия выстроен от заготовки сырья до прямых поставок продукции потребителю (табл.1).

Таблица 1 - Технологический процесс малого деревообрабатывающего предприятия.

Этап процесса	Ключевые операции и оборудование	Цель и результат этапа
Лесозаготовка	Валка деревьев, обрезка сучьев, трелевка (сбор и транспортировка к месту погрузки).	Заготовка сырья (круглого леса) с минимальным ущербом для окружающей среды.
Транспортировка	Перевозка хлыстов или сортиментов с лесосеки на производственную площадку в г. Абаза.	Доставка сырья для дальнейшей переработки.

Первичная переработка (Лесопиление)	Распиловка и строгание древесины. Раскрой бревен на пиломатериалах (ленточных или дисковых) на обрезные/необрезные доски и брус.	Получение основных видов пиломатериалов.
Глубокая переработка	Производство шпона, фанеры, плит. Производство паркета и строганых изделий. Производство деревянных конструкций и тары.	Создание продукции с высокой добавленной стоимостью.
Сушка	Снижение влажности древесины. Сначала может применяться естественная сушка, затем — искусственная в сушильных камерах до требуемых кондиций (8-12%).	Подготовка пиломатериалов к дальнейшей обработке и предотвращение деформации.
Реализация	Продажа продукции через собственную лесоторговую базу в Абакане. На базу завозится крупными партиями (около 2000 м³) готовая продукция.	Обеспечение доступности продукции для жителей Абакана и Черногорска без надбавок посредников.

Первым этапом является лесозаготовка, после которой кругляк доставляется на производственную площадку для дальнейшей переработки.

На производственной площадке бревна проходят первичный раскрой на пиломатериалы, а затем поступают в цеха глубокой переработки, где производится высокомаржинальная продукция [2].

Для общего анализа процесса энергоснабжения (энергопотребления) нами рассматривалось условное предприятие, для которого характерны следующие средние показатели: часовое потребление оборудования составляет 31 кВт*ч, месячное потребление достигает 11 250 кВт*ч, а годовое - 135 000 кВт*ч.

В настоящее время система энергопотребления предприятия — централизованная от ТЭС, где в качестве основного вида топлива используется бурый уголь.

Материальную основу производства составляют десять единиц ключевого оборудования суммарной установленной мощностью 44,3 кВт. Перечень, используемого на предприятии оборудования и его характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технологическое оборудование, используемое на малом деревообрабатывающем предприятии.

Оборудование	Мощность, кВт	Коэффициент использования	Потребление, кВт*ч
Ленточная пилорама	9,0	0,7	6,3
Рейсмусовый станок	3,0	0,5	1,5
Фуговальный станок	2,5	0,5	1,25
Четырехсторонний станок	8,0	0,6	4,8
Ленточная пила (средняя)	1,8	0,4	0,72
Пресс ваймовый для щитов	2,5	0,3	0,75
Электроинструменты (суммарно)	2,0	0,4	0,8
Пылеулавливающая установка	5,5	0,9	4,95
Освещение и вентиляция	2,0	1,0	2,0
Сушка древесины до 8-12% влажности (малая камера)	8,0	1,0 (круглосуточно)	8,0

Наибольшую долю –62,1 % в энергозатратах предприятия занимают малая сушильная камера, ленточная пилорама и пылеулавливающая установка.

В динамике энергопотребления предприятия выделяются два режима (табл.3).

Таблица 3 – График нагрузки и потребления деревообрабатывающего предприятия.

	Режим 1 (с 9:00 до 18:00, пн-сб)	Режим 2 (ночь, воскресенье)
Характер нагрузки	Переменный, пиковый.	Постоянная, базовая.
Потребляемые мощности	Основное и вспомогательное оборудование.	Только сушильная камера
Суммарное потребление в данный период	~23,1 кВт*ч	8,0 кВт*ч

В основное рабочее время с 9 утра до 6 вечера наблюдается переменная пиковая нагрузка, обусловленная поэтапным запуском и одновременной работой всего технологического оборудования в течение рабочей смены. В ночные часы и в воскресенье предприятие переходит в экономичный режим с постоянной базовой нагрузкой только от сушильной камеры.

Для оптимизации операционных расходов предлагается внедрение гибридной энергетической системы (ГЭС), которая представляет собой

комбинацию различных источников энергии, работающих совместно для обеспечения надежного и экономически эффективного энергоснабжения. Они типично объединяют возобновляемые источники с традиционными и системами накопления энергии [3].

Наиболее целесообразным решением для локации г. Абакан может стать использование в гибридной энергосистеме солнечных панелей, поскольку уровень инсоляции территории составляет 1350-1400 кВт*ч/м² в год и солнечных дней – 310. Это создаёт один из самых благоприятных в России потенциалов для их эффективной работы [4].

Схема предполагаемой гибридной энергосистемы для малого деревообрабатывающего предприятия представлена на рисунке 1.

Для предприятия с годовым потреблением 135 000 кВт*ч была рассмотрена солнечная электростанция мощностью 31 кВт, в структуру которой могут быть включены солнечные панели, предлагаемые российскими и зарубежными производителями.

Для сравнения нами были рассмотрены солнечные панели производителей «Longi» (Китай) и «Хевел» (Россия).

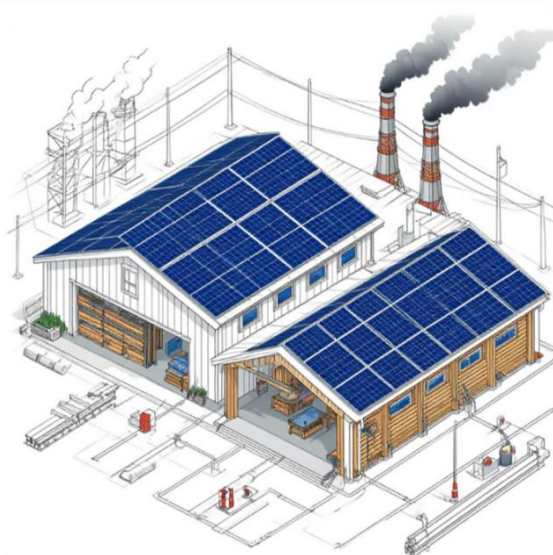


Рисунок 1 – Схема предполагаемой гибридной энергосистемы для малого деревообрабатывающего предприятия (фото автора).

Более высокий КПД панелей «Longi» по сравнению с российскими моделями напрямую обуславливает их повышенную удельную мощность, что для станции одинаковой общей мощности позволяет значительно сократить количество модулей и занимаемую площадь (табл.4).

Таблица 4 - Сравнение солнечных панелей китайских и отечественных производителей.

Параметр	Китайские панели «Longi» (~610 Вт)	Российские панели «Хевел» (~395 Вт)	Комментарий
----------	---	--	-------------

Мощность одной панели, Вт	610	395	-
КПД панели, %	~22,8%	~20,5%	Новые модели «Longi» имеют более высокий КПД.
Количество панелей для СЭС 31 кВт	30 000 / 610 ≈ 50 шт.	30 000 / 395 ≈ 76 шт.	Для той же мощности системе на «Хевел» нужно на 52% больше панелей.
Требуемая площадь, м²	~275 м²	~410 м²	Разница в площади огромна. Для «Хевел» нужно почти на 135 м² больше.
Годовая выработка СЭС, кВт*ч/год	40 500	40 500	-
Процент покрытия потребления	~30%	~30%	-
Годовая экономия, руб.	222 750	222 750	-
Предполагаемая стоимость СЭС "под ключ", млн. руб.	~2,55	~2,9- 3,2	Более высокая стоимость «Хевел» и большим количеством единиц оборудования.
Простой срок окупаемости, лет	~11,4 лет	~13,0 – 14,4 лет	Разрыв в окупаемости увеличился. «Longi» становится экономически более привлекательным.

Для достижения целевой мощности потребуется 50 панелей «Longi» или 76 панелей «Хевел», что также определяет разницу в занимаемой площади – 275 м² против 410 м². Это становится важным в условиях ограниченности производственных площадей.

Проектная годовая выработка обеих станций при такой комплектации одинакова и оценивается в 40 500 кВт*ч, что позволит покрыть примерно 30% потребности предприятия.

Экономический анализ показывает, что общая стоимость, включающая установку «под ключ» предлагаемой СЭС на панелях «Longi», составляет около 2,55 млн. рублей, в то время как для системы на панелях «Хевел» данная величина увеличивается 2,9 – 3,2 млн. рублей. Разница в 300 тыс. рублей для систем российского производителя объясняется качеством и брендом остального оборудования (в первую очередь инвертора) и сложностью монтажных работ. Более дорогое предложение обосновано использованием более надежных и долговечных компонентов.

Следует отметить то, что общая стоимость включает предпроектный анализ, проектирование системы, юридические согласования с

энергоснабжающей компанией, монтаж крепежной системы и панелей на крышу, электромонтажные работы и пуско-наладку с вводом в эксплуатацию. После запуска система требует регулярного мониторинга и очистки панелей [5].

Срок окупаемости для панелей «Longi» составит около 11,4 лет, для «Хевел» – 13,0–14,4 лет, что делает панели «Longi» более привлекательным вариантом.

Расчет экологического эффекта показал значительный потенциал для снижения нагрузки на окружающую среду. Сокращение выбросов CO₂ составит около 38 тонн в год (табл.5).

Таблица 5 - Расчёт экологического эффекта от внедрения солнечной электростанции

Показатель	Значение	Комментарий
Годовая выработка СЭС	40 500 кВт*ч	30% от потребления предприятия.
Экономия условного топлива	13,28 т у. т.	Рассчитано на основе данных Абаканской ТЭЦ (327,935 г/кВт*ч).
Экономия угля	~20,4 т	Для бурого угля Ирша-Бородинского месторождения (ср. теплотворность 4550 ккал/кг).
Сокращение выбросов CO ₂	~38,0 т/год	С учетом более высокого коэффициента выбросов для бурого угля.

Экономическая эффективность достигается за счет годовой экономии на оплате электроэнергии в размере около 222 750 рублей. Для деревообрабатывающего предприятия, работающего с природным материалом, экологический имидж и снижение экологических платежей становятся дополнительным конкурентным преимуществом.

Проведенный анализ демонстрирует, что интеграция гибридной энергетической системы на предприятии представляет собой эффективную меру для снижения затрат на энергию, повышения экологической безопасности и диверсификации источников энергоснабжения. Существующие в республике предпосылки, такие как возможность компенсации затрат на внедрение данной энергосистемы, создают благоприятные условия для реализации подобных проектов.

Список литературы:

1. Козлова, М. В. Устойчивое развитие промышленных предприятий: экологические аспекты / М. В. Козлова, С. П. Иванов. — Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2022. — 204 с. — ISBN 978-5-9876-1234-5.
2. Улугбашев, В. С. Переработка древесины : [электронный ресурс] / В. С. Улугбашев // ООО «ТИГР» Лесоторговая база в Абакане. — URL: <https://tigrabakan.ru/> (дата обращения: 20.02.2026).

3. Каманина, М. А. Особенности гибридной энергетической системы с ВИЭ и СНЭ / М. А. Каманина, А. М. Демидова, Д. О. Охлопков // Вестник науки. — 2023. — № 7 (64). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-gibridnoy-energeticheskoy-sistemy-s-vie-i-sne> (дата обращения: 19.02.2026).
4. Атлас солнечной энергетики России / науч. ред. В. И. Сидорович. — Москва: Институт энергетических исследований РАН, 2020. — 156 с. — ISBN 978-5-9876-5432-1.
5. Возобновляемая энергетика. Проектирование, монтаж и обслуживание систем: учебное пособие / под ред. А. И. Петрова, Е. Л. Смирновой. — Москва: Энергоиздат, 2021. — 215 с. — ISBN 978-5-1234-5678-9.