

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ЦИКЛОВЫХ СБОРОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СУШКИ ТОРФА

М.А. Артемьев, О.В. Пухова, М.У. Хусенов

© Артемьев М.А., Пухова О.В.,
Хусенов М.У., 2025

Аннотация. Получено уравнение регрессии зависимости циклового сбора фрезерного торфа от начальной влажности и длительности сушки на основании обработки полного факторного эксперимента. Установлена теоретическая зависимость данных показателей, используя которые можно получить числовые характеристики конкретных условий сушки фрезерного торфа для прогнозной оценки сборов торфа.

Ключевые слова: торф, цикловой сбор, процесс сушки, влажность.

Оптимизация торфяного производства с применением фрезерного способа [1, 2] направлена на уменьшение производственных площадей, что позволит снизить издержки на их содержание и арендную плату. Поэтому возникает необходимость увеличить цикловые сборы фрезерного торфа с одного гектара производственных площадей при использовании минимальных трудовых и материальных затрат.

В технологическом цикле получения готовой продукции фрезерным способом, лимитирующим выполнение сезонной программы добычи, является сушка. В полевых условиях процесс сушки зависит от многих факторов, основными из которых являются метеорологические, гидрологические, технологические и физико-химические особенности торфа, что затрудняет выявление его закономерностей [3]. Удаление влаги в процессе сушки происходит в основном за счет испарения. Так, тепло получаемое слоем торфа, затрачивается на испарение из него влаги, турбулентный отток в окружающую атмосферу, перераспределение его в нижележащие слои и теплоаккумуляцию. При этом количество удаляемой влаги составляет более 50 % от начальной массы фрезерного торфа.

Выявление особенностей сушки с учетом влагообмена фрезерного торфа с залежью [4] позволило оптимизировать технологическую схему по двум вариантам. Первый основан на снижении толщины сушимого слоя торфа неглубоким фрезерованием в коротких циклах производства. Второй состоит в послойной уборке верхних сухих слоев торфа из толстого расстила. При этом фрезерование проводится один раз в 2–3 дня, а уборка тонкими слоями включает 1–2 цикла в первый день сушки и 2–3 цикла во второй и последующие.

Для прогнозной оценки влияния начальной влажности торфа w_n и длительности сушки τ_c на толстом аэрированном подстиле на сборы фрезерного торфа использовался полный факторный эксперимент. Основными факторами были начальная влажность фрезерного торфа, изменявшаяся от 78 до 82 % с шагом варьирования 2 %, и длительность сушки, которая изменялась от 5 до 25 ч с шагом варьирования 10 ч. Откликом эксперимента являлся цикловой сбор фрезерного торфа, объектом исследования – верховой торф со степенью разложения $R = 25\%$ (вид – пушицево-сфагновый). Параметры сушки составляли:

средняя температура воздуха $t = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 психрометрическая разность $\Delta t = 6\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 относительная влажность воздуха 45–50 %;
 скорость воздуха 1,5 м/с;
 интенсивность радиации 0,025 Дж/с.

Толщина расстила фрезерного торфа составляла 100–120 мм.

По мере высыхания верхнего слоя фрезерного торфа сухая крошка убиралась пневматическим способом из одних рамок через каждые 5 ч сушки, из других – через 15 и из третьих – через 25 ч сушки. Высохший торф взвешивался, и определялась его конечная влажность. По полученным данным рассчитывался сбор фрезерного торфа при различной длительности сушки. В соответствии с матрицей планирования и проведенным экспериментом по выявлению зависимости сборов торфа от начальной влажности и длительности сушки рассчитывались коэффициенты регрессии связи показателей, дисперсия коэффициентов регрессии и их стандартная ошибка. Полученное уравнение регрессии зависимости циклового сбора от начальной влажности и длительности сушки имеет вид

$$q = 16,51 - 0,27w_n + 0,89\tau_c.$$

Важным технологическим показателем производства фрезерного торфа является не только цикловой, но и сезонный сбор, который для исследованных значений длительности циклов изменяется в большом диапазоне.

При нормативной длительности цикла двое суток сушка в эксперименте длилась 20 ч. В первом случае за каждые 5 ч сушки высохший торф собирали четыре раза, за каждые 10 ч сушки – два раза и за 20 ч сушки – один раз. Таким образом, сборы торфа за один двухдневный цикл увеличились в два раза по сравнению с сушкой в течение 20 ч и в полтора раза по сравнению с однодневной сушкой.

Сравнение нормативных значений цикловых сборов 18,2 т/га для верхового торфа при степени разложения $R = 25\%$, $\Pi < 1\%$ и длительности цикла двое суток с экспериментальными данными

показывает, что сборы по новой технологии увеличились на 46 %, а при длительности сушки 10 ч – на 33 %.

Если определить суммарные сезонные сборы фрезерного торфа при количестве циклов за сезон 25 и общей длительности сушки 500 ч, то сезонный сбор по технологии 5-часовой сушки на толстом аэрированном подстиле увеличивается более чем в три раза (с 455 до 1 385 т/га).

Механизм увеличения сборов торфа при сушке его на толстом аэрированном подстиле состоит в том, что в процессе сушки фрезерного торфа в толстых слоях верхние тонкие слои до 8 мм очень быстро (в течение первых часов сушки) пересыхают при малоизменяющемся среднем влагосодержании, что обусловлено ростом радиационного баланса до максимальной величины через 4–5 ч сушки с последующим его уменьшением на 4–6,6 %.

Основной составляющей теплового баланса являются затраты на испарение влаги из сушимого слоя торфа. Они тем меньше, чем толще сушимый слой, что обусловлено значительными потерями тепла за счет турбулентного оттока.

Наибольший расход тепловой энергии наблюдается при сушке торфа в тонких слоях. Так, при сушке крошкообразного фрезерного торфа в течение первых 4–5 ч радиационный баланс достигает максимума и затраты на испарение влаги составляют 98–99 %, поэтому по истечении 5 ч сушки необходимо собрать весь высушенный торф, иначе тепловая энергия переходит в подстилающий слой залежи, если торф фрезеруется тонкими слоями, или же в подстилающий толстый слой крошки и там аккумулируется для последующих циклов сушки.

Если высохший верхний слой торфа не убрать, то он становится изолирующим слоем, препятствующим сушке нижележащих слоев торфа. Поэтому при сушке 10 и 20 ч сборы торфа за одно и то же время (20 ч) меньше, чем при сушке длительностью в 5 ч.

Сезонные сборы могут быть увеличены за счет цикловых сборов при сушке торфа в толстом слое с послойной уборкой. Из-за повышения радиационного баланса верхнего слоя с помощью операций ворошения и рыхления, сокращающих продолжительность сушки торфа примерно до 30 %, соответственно растут и его сборы [1].

Таким образом, количество циклов и суммарные сборы фрезерного торфа за сезон возрастают с увеличением радиационного баланса, уменьшением начального влагосодержания и длительности сушки.

Библиографический список

1. Алпеева Е.А., Гончаров М.С. Торфяная промышленность Российской Федерации. Проблемы и перспективы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 121–130.

2. Панов В.В., Мисников О.С. Тенденции развития торфяной отрасли России // Горный журнал. 2015. № 7. С. 108–112.
3. Пухова О.В. Оценка влияния технологических параметров на полевую сушку торфяного слоя при его добыче // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2023. № 3 (19). С. 53–61.
4. Афанасьев А.Е., Столбикова Г.Е. Интенсификация сушки торфа в полевых условиях // Интеграция науки и образования – производству, экономике: сборник трудов Межрегиональной научно-технической конференции, посвященной 90-летию Тверского государственного технического университета / под ред. Б.Ф. Зюзина. Тверь: ТвГТУ, 2012. Т. 1. С. 125–129.

PREDICTIVE ASSESSMENT OF CYCLICAL FEES WHEN OPTIMIZING THE PEAT DRYING PROCESS

O.V. Pukhova, M.A. Artemyev, M.U. Khusenov

***Abstract.** A regression equation of the dependence of the cyclic harvesting of milling peat on the initial humidity and drying time is obtained based on the processing of a complete factorial experiment. The theoretical dependence of these indicators has been established, using which it is possible to obtain numerical characteristics for specific drying conditions of milling peat for predictive assessment of peat collections.*

Keywords: peat, cyclic harvesting, drying process, humidity.

Об авторах:

АРТЕМЬЕВ Максим Алексеевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: maxs4art@yandex.ru

ПУХОВА Ольга Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры горного дела, природообустройства и промышленной экологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: owpuhova@mail.ru

ХУСЕНОВ Муса Усманович – аспирант кафедры горного дела, природообустройства и промышленной экологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

About the authors:

ARTEMYEV Maxim Alekseevich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: maxs4art@yandex.ru

PUKHOVA Olga Vladimirovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mining, Environmental Management

and Industrial Ecology, Tver State Technical University, Tver. E-mail: owpuhova@mail.ru

KHUSENOV Musa Usmanovich – Postgraduate Student of the Department of Mining, Environmental Management and Industrial Ecology, Tver State Technical University, Tver.

УДК 622.2:622.331

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ТОРФА НА ВЕЛИЧИНУ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ БРИКЕТОВ

А.В. Купорова, Е.Ю. Черткова, В.А. Беляков

© Купорова А.В., Черткова Е.Ю.,
Беляков В.А., 2025

Аннотация. Рассмотрено влияние термовлажностной обработки торфа на величину теплотворной способности брикетов. Описана методика определения показателей. Приведены результаты исследований по определению теплоты сгорания торфяных брикетов.

Ключевые слова: торфяной брикет, топливо, теплотворная способность.

Развитие современного торфяного производства тесно связано с расширением областей применения торфа и разработкой новых ресурсосберегающих технологий. В связи с текущей политической и экономической обстановкой на внутреннем рынке нашей страны все активнее формируется сегмент использования торфяного топлива. Брикеты применяются для отопления частных домовладений, коммунальных котельных. Торфяной брикет является удачным заменителем других видов топлива, природные запасы которых ограничены и цены на которые растут с каждым годом. Торф же является возобновляемым природным ресурсом [1].

Конструктивные особенности котельных, работающих на торфяных брикетах, позволяют автоматизировать процесс получения необходимого количества тепловой энергии [1].

Теплотворная способность брикета составляет 4,3–4,75 кВт/кг, что в 1,5 раза больше, чем у древесины, и сравнима с углем [2]. При сгорании торфяных брикетов наблюдаются минимальные выбросы в атмосферу, выделяется большой объем тепла, а их горение, как и горение традиционных видов топлива (газа, угля), происходит ровным слоем [3, 4]. Торфяные брикеты характеризуются высокой энергоконцентрацией при